

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

---

ANNÉE 1917

---

THÈSE

N° 

---

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

Julien BONHOMME

Né à Nîmes (Gard), le 19 novembre 1876  
Ingénieur des Arts et Manufactures  
Croix de guerre

---

# Utilisation des Gaz, des Vapeurs en Médecine et en Chirurgie

---

*Président : M. DESGREZ, professeur*

---

PARIS

JOUBE & C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, VI<sup>e</sup>

---

1917

# FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

LE DOYEN, M. LANDOUZY

ASSESEUR : G. POUCHET

## PROFESSEURS

|                                                                         |                     |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Anatomie . . . . .                                                      | MM. NICOLAS         |
| Physiologie . . . . .                                                   | CH. RICHET          |
| Physique médicale . . . . .                                             | WEISS               |
| Chimie organique et Chimie générale . . . . .                           | DESGREZ             |
| Parasitologie et Histoire naturelle médicale . . . . .                  | BLANCHARD           |
| Pathologie et Thérapeutique générales . . . . .                         | ACHARD              |
| Pathologie médicale . . . . .                                           | WIDAL               |
| Pathologie chirurgicale . . . . .                                       | TEISSIER            |
| Anatomie pathologique . . . . .                                         | LEJARS              |
| Histologie . . . . .                                                    | PIERRE MARIE        |
| Opérations et appareils . . . . .                                       | PRENANT             |
| Pharmacologie et matière médicale . . . . .                             | AUGUSTE BROCA       |
| Thérapeutique . . . . .                                                 | POUCHET             |
| Hygiène . . . . .                                                       | N.                  |
| Médecine légale . . . . .                                               | CHANTEMESSE         |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie . . . . .                    | N.                  |
| Pathologie expérimentale et comparée . . . . .                          | LETULLE             |
|                                                                         | ROGER               |
|                                                                         | DEBOVE              |
| Clinique médicale . . . . .                                             | LANDOUZY            |
|                                                                         | GILBERT             |
|                                                                         | CHAUFFARD           |
|                                                                         | HUTINEL             |
| Maladies des enfants . . . . .                                          | GILBERT BAILLET     |
| Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale . . . . . | GAUCHER             |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques . . . . .               | DEJERINE            |
| Clinique des maladies du système nerveux . . . . .                      | DELBET              |
|                                                                         | QUENU               |
| Clinique chirurgicale . . . . .                                         | N.                  |
|                                                                         | HARTMANN            |
| Clinique ophtalmologique . . . . .                                      | DE LAPERSONNF       |
| Clinique des maladies des voies urinaires . . . . .                     | LEGUEU              |
|                                                                         | BAR                 |
| Clinique d'accouchements . . . . .                                      | COUVELAIRE          |
|                                                                         | RIBEMONT-DESSAIGNES |
| Clinique gynécologique . . . . .                                        | POZZI               |
| Clinique chirurgicale infantile . . . . .                               | KIRMISSON           |
| Clinique thérapeutique . . . . .                                        | ALBERT ROBIN        |
| Hygiène clinique de la première enfance . . . . .                       | MARFAN              |

## AGRÉGÉS EN EXERCICE

| MM.       |                   |            |               |
|-----------|-------------------|------------|---------------|
| ALGLAVE   | GUILLAIN          | LOEPER     | ROUSSY        |
| BERNARD   | JEANNIN           | MAILLARD   | ROUVIERE      |
| BRANCA    | JOUSSET (A.)      | MOCQUOT    | SAUVAJE       |
| BRUMPT    | LABBE (H.)        | MULON      | SCHWARTZ (A.) |
| CAMUS     | LAIGNEL-LAVASTINE | NICLOUX    | SICARD        |
| CASTAIGNE | LANGLOIS          | NOBECOURT  | TANON         |
| CHAMPY    | LECENE            | OKINCZYC   | TERRIEN       |
| CHEVASSU  | LEMIERRE          | OMBREDANNE | TIFFENEAU     |
| DESMAREST | LENORMANT         | RATHERY    | VILLARET      |
| GOUGEROT  | LEQUEUX           | RETTERRER  | ZIMMERN       |
| GREGOIRE  | LEREBoullet       | RIBIERRE   |               |
| GUENIOT   | LERI              | RICHAUD    |               |

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

A MA FAMILLE, A MES AMIS

A MONSIEUR MARQUIS

Professeur à l'Ecole de médecine de Rennes.

*En reconnaissance des soins si  
éclairés qui me furent prodi-  
gués à Château-Thierry (jan-  
vier 1916).*

**A MONSIEUR ACHARD**

**Chevalier de la Légion d'honneur.**

**Professeur de Pathologie et de Thérapeutique générale  
à la Faculté de médecine de Paris.**

**Membre de l'Académie de médecine.**

A MONSIEUR DESGREZ

Chevalier de la Légion d'Honneur.  
Professeur de Chimie médicale  
à la Faculté de médecine de Paris.

*Qui nous fait le grand honneur  
de présider cette thèse.*



# Utilisation des Gaz, des Vapeurs en Médecine et en Chirurgie

---

## INTRODUCTION

---

Nous nous proposons d'examiner le parti que l'on pourrait tirer, en médecine et en chirurgie, d'une source d'énergie fournissant régulièrement des gaz et des vapeurs raréfiés ou comprimés. Depuis longtemps, on a étudié en thérapeutique l'utilisation des gaz, des vapeurs ; leur emploi est lié à l'existence d'un appareil simple et facilement maniable. On peut créer un nombre considérable de ces appareils en faisant appel à toutes les formes de l'énergie ; dans les lignes qui suivront, nous décrirons un appareil compresseur ou aspirateur de gaz, utilisant l'eau sous pression trouvée à tous les robinets des canalisations d'eau. Nous commencerons par donner une description rapide de ce petit appareil que nous avons appelé le Trébuchet hydraulique ; ensuite, nous en examinerons les diverses applications.

Ce travail a été divisé en plusieurs chapitres qui sont :

CHAPITRE I : Description du Trébuchet hydraulique, compresseur et aspirateur.

CHAPITRE II : Emploi thérapeutique et mécanique du Trébuchet.

CHAPITRE III : Applications du Trébuchet à la production de mélanges titrés.

CHAPITRE IV : Utilisation thérapeutique des gaz et des vapeurs, considérée surtout au point de vue adaptation du Trébuchet.

Afin de voir les avantages, les inconvénients du Trébuchet, il aurait été nécessaire de procéder à des expériences faisant connaître ce que l'on pouvait attendre de cet appareil. Mais, durant ces dernières années, il n'a pas été possible d'envisager la construction du Trébuchet et d'en étudier expérimentalement les applications ; donc, la présente thèse a seulement examiné l'emploi de cet appareil dans les occasions où les gaz et les vapeurs ont déjà été essayés, et aussi dans quelques cas où l'on pouvait prévoir leur utilité. Dès que les circonstances le permettront, il sera facile de construire le Trébuchet. A ce moment, si ce modeste appareil est susceptible d'apporter quelque progrès, rien ne s'opposera à ce qu'il soit employé par tous ceux qui penseront que la question des applications des gaz et des vapeurs en thérapeutique peut encore être développée utilement.

---

## CHAPITRE PREMIER

### TRÉBUCHET HYDRAULIQUE COMPRESSEUR ET ASPIRATEUR

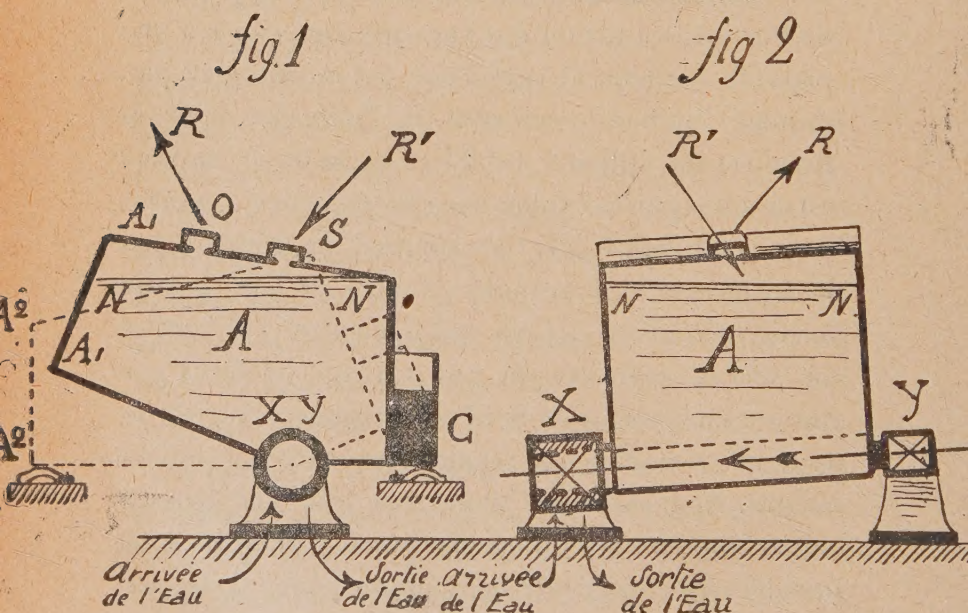
---

#### § 1. — Trébuchet hydraulique compresseur

**1° Généralités.** — Le but de ce petit appareil est de fournir des gaz ou des vapeurs comprimés à une pression réglable et cela d'une façon automatique. Comme l'indique son nom, le Trébuchet hydraulique est un appareil oscillant où la force motrice est fournie par le liquide sous pression des canalisations d'eau des villes. Cet appareil ne poursuit pas le déplacement de grands volumes de gaz sous de fortes pressions ; il a en vue seulement l'obtention de petites quantités de gaz 10, 20, 50 litres par minute, amenées à de faibles pressions relatives de 1, 2 kilogrammes par centimètre carré et moins encore. Nous sommes donc très loin des grosses unités industrielles où des Turbo-compresseurs sont capables de comprimer 600 mètres cubes d'air par minute à la pression de 9 kilogrammes par centimètre carré. Dans les petits appareils à faible déplacement que nous avons en vue, l'énergie électrique serait facilement utilisable avec des souffleries à

piston ou centrifuges ; la complication y serait peut-être plus grande que dans le Trébuchet qui met à contribution une source d'énergie très répandue et peu coûteuse. Quelle que soit la valeur du Trébuchet, nous aurons donné une solution de plus à un problème très facile à résoudre, mais qui comporte des difficultés d'ordre pratique.

2° Principe de l'appareil (fig. 1, 2). — Le Trébuchet se compose d'une caisse *A* rectangulaire ; par



une ouverture latérale *X*, arrive l'eau sous pression d'une canalisation. La caisse *A* étant préalablement pleine d'air, de gaz, l'eau sous pression s'élève dans

la caisse en comprimant devant elle l'air. Le gaz comprimé s'échappe par une ouverture  $O$  et se rend à l'appareil utilisateur ou dans un réservoir  $R$ . L'eau ayant atteint dans la caisse  $A$  un certain niveau  $N$ , la manœuvre de l'appareil doit à ce moment permettre la sortie de l'eau contenue dans la caisse et simultanément la rentrée de l'air ou du gaz par l'ouverture  $S$ . Ce gaz doit servir à une deuxième opération de compression et ainsi de suite. Une simple caisse et quelques robinets manœuvrés à la main pouvaient suffire à réaliser un appareil rudimentaire ; il était cependant nécessaire de rendre la manœuvre automatique et la pression réglable. C'est ce que l'on a fait de la façon suivante :

**3° Description du Trébuchet.** — A l'effet de rendre automatiques les diverses opérations précédentes, la caisse  $A$  est rendue mobile autour d'un axe  $XY$  ce qui permet une série d'oscillations amenant la caisse de la position  $A_1$  de remplissage en eau, à la position  $A_2$  pour laquelle s'écoule à l'extérieur l'eau ayant produit son effet de compression. En  $X$  et  $Y$  se trouvent deux tourillons portés par des supports à coussinets ; mais si  $Y$  est un tourillon plein ordinaire,  $X$  est au contraire un tourillon creux. On peut assimiler le tourillon  $X$  au « tournant » d'un robinet à deux voies et le mouvement d'oscillation correspond au déplacement nécessaire pour amener le robinet de la position  $I$  qui permet l'arrivée de

l'eau de la ville, à la position 2 qui assure l'évacuation de l'eau contenue dans *A*.

Le mouvement d'oscillation est obtenu grâce au déplacement alterné du centre de gravité du système composé *a*) de la caisse *A* *b*) d'un contrepoids à grenaille *C* réglable ramenant en *A*<sub>1</sub> la caisse presque vide *c* d'une certaine quantité d'eau qui ayant atteint dans la caisse un niveau *N*, crée une prédominance du côté opposé au contrepoids *C* et amène à la position *A*<sub>2</sub> la caisse pleine de liquide.

En résumé, la caisse étant vide, le contrepoids *c* l'amène à la position 1 pour laquelle arrive l'eau de la ville par le tourillon *X*; cette eau s'élève peu à peu en comprimant le gaz qui s'échappe par la soupape *O*. L'eau ayant atteint un niveau *N* déplace suffisamment le *cdg* du côté opposé au contrepoids et l'appareil bascule en amenant le robinet à la position 2 pour laquelle s'écoule par *X* l'eau de la caisse. Dans cette position 2, l'air extérieur ou le gaz entre dans la caisse par l'ouverture à soupape *S*, jusqu'au moment où l'eau s'étant suffisamment écoulée, la prédominance du contrepoids *C* se fait sentir et ramène l'ensemble à la position de départ 1.

Les bras de levier moteurs séparant les *cdg* de l'axe *XY* vont en croissant durant l'oscillation.

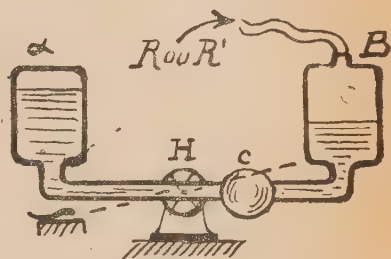
L'équilibre instable est donc rompu sûrement et la manœuvre du robinet *X* s'effectue très nettement, sans hésitation.

4° Régulateur de Pression (fig. 3). — Il est

certain que la pression maxima que l'on pourrait atteindre au réservoir  $R$  serait au plus égale à celle des canalisations. L'eau s'arrêterait de monter dans la caisse  $A$ , lorsque la tension de l'air de la caisse

## *Schéma*

### *du Régulateur de Pression*



*fig 3*

contrebalancerait la pression de l'eau; mais à ce moment la soupape  $O$  serait ouverte et l'eau monterait jusqu'à ce que la pression du gaz du réservoir  $R$  et la hauteur de l'eau dans la caisse équilibreraient la pression de l'eau. L'oscillation du Trébuchet interromprait cette montée de l'eau dans  $A$ . Pour avoir un bon fonctionnement, il faudrait que l'oscillation se produise, la caisse  $A$  étant pleine d'eau, c'est-à-dire le niveau  $N$  étant le plus élevé possible. Dans ces conditions, au bout d'un grand nombre d'oscillations, la tension au réservoir  $R$  étant voisine de la valeur maxima théorique, le Trébuchet s'arrêterait dans la position  $A$ , de remplissage en eau.

L'utilisation du Trébuchet comporterait l'emploi de toute une gamme de pressions s'étendant au-dessous de la valeur limite qui en pratique serait inférieure à la pression maxima théorique. Il faudrait

donc prévoir l'arrêt automatique de l'appareil et le réaliser non seulement quand serait atteinte la pression maxima susceptible d'être fournie au gaz par l'eau de la ville, mais aussi quand serait atteinte une pression  $\pi$  quelconque inférieure à la pression maxima, cette pression  $\pi$  étant fixée par les conditions d'utilisation du gaz comprimé.

Il serait donc nécessaire que le régulateur de pression soit réglé de façon que le Trébuchet puisse fournir une pression  $\pi$  nécessaire aux besoins et que même sur chaque appareil, cette pression  $\pi$  varie à la demande. Ce dernier cas se présenterait rarement en pratique et le plus souvent, l'appareil serait réglé et adapté une fois pour toutes à un service particulier.

Les divers procédés à envisager dans la conception du régulateur de pression, rentreraient dans les catégories suivantes :

a) La pression  $\pi$  étant atteinte au réservoir  $R$ , le gaz comprimé manœuvrerait un robinet accessoire et ferait cesser soit l'arrivée d'eau, soit le départ de l'eau.

b) Le gaz comprimé ayant fourni la pression  $\pi$  au réservoir  $R$ , la soupape d'arrivée de gaz  $S$  serait bloquée par un taquet que déplacerait le gaz comprimé de  $R$  et la caisse resterait pleine d'eau à la position 2.

Ces régulateurs  $a$  et  $b$ , faciles à construire, emploieraient des ressorts dont la tension serait surmontée au moment voulu par la pression du gaz comprimé

du réservoir  $R$ . La tension réglable des ressorts, à éviter à cause des dérèglages toujours possibles, serait supprimée dans le régulateur du type suivant :

c) On arrêterait l'arrivée ou le départ de l'eau en demandant au régulateur de fermer le robinet correspondant. Le régulateur serait constitué par deux vases communicants  $\alpha$  et  $\beta$  contenant du liquide, de l'eau par exemple. Le vase  $\alpha$  serait fermé, alors que le vase  $\beta$  communiquerait avec l'air comprimé du réservoir  $R$ . La pression du gaz du réservoir  $R$  allant en croissant, le niveau du liquide baisserait en  $\beta$  pour s'élever en  $\alpha$  et à un moment déterminé, pour une certaine pression  $\pi$  atteinte au réservoir  $R$ , l'ensemble basculerait. On utiliserait ce mouvement pour agir sur un robinet placé au point fixe d'oscillation  $H$  de l'ensemble ; le tube  $t$  serait alors monté directement sur le tournant  $H$  de ce robinet d'arrêt. La pression  $\pi$  venant à baisser au Réservoir  $R$ , les niveaux tendraient à se rétablir dans les vases  $\alpha$   $\beta$  et une oscillation inverse de la précédente, ouvrant le robinet  $H$ , permettrait la remise en marche du Trébuchet. On réglerait l'équilibre du régulateur pour les différentes pressions  $\pi$  envisagées en déplaçant par exemple un petit contrepoids le long de la tige  $t$  graduée à cet effet.

Ce type de régulateur très simple s'appliquerait à tous les appareils tendant à fournir une pression constante dans un réservoir ; sa sensibilité dépendrait des frottements mis en jeu aux robinets d'arrêts ou dans les déplacements de taquets si l'on se servait

de ces derniers pour bloquer le Trébuchet dans la position  $A_2$ .

Nous étudierons plus loin quelles seraient les variations de pression obtenues au réservoir  $R$  débitant de l'air de façon régulière et alimenté par le Trébuchet de façon intermittente.

**5° Construction du Trébuchet.** — a) *Caisse A.*  
— Pour cette caisse, certaines formes seraient avantageuses qui assureraient un écoulement complet de l'eau contenue dans  $A$  et qui permettraient des variations de  $cdg$  amenant un meilleur fonctionnement de l'ensemble. On aurait à envisager la stabilité de forme où interviendrait le dessin de la caisse et la stabilité de poids où serait examinée l'influence des poids et des bras de leviers.

La Caisse  $A$  serait métallique ou mieux en verre armé, avantageux au point de vue surveillance et entretien. Pour éviter des entraînements d'eau par le gaz comprimé s'échappant en  $O$ , on mettrait à l'intérieur de la caisse des cloisons en chicane ou percées de trous ; ainsi les brusques déplacements verraient leurs effets très atténués.

b) *Robinet X.* — Le tournant du robinet en bronze  $X$  serait lié invariablement à la caisse  $A$  qui l'entraînerait dans son mouvement de balancier. Ce tournant serait creusé de canaux  $e$  débouchant d'une part dans la caisse  $A$  et d'autre part à la surface du tourillon par des orifices  $e$  ; il se déplacerait dans un boisseau fixe à la surface duquel déboucheraient

en  $a$  et  $d$  les deux genres de canaux servant à l'arrivée d'eau de la ville et au départ de l'eau sortant de  $A$ . Le mouvement d'oscillation amènerait successivement les orifices  $e$  en face des orifices  $a$  ou  $d$ . Pour augmenter les débits, on pourrait multiplier les orifices  $e$ ,  $a$ ,  $d$ , tout en conservant autour de chaque orifice une garde suffisante pour amener l'étanchéité et éviter les courts circuits.

Comme dans tous les robinets, boisseaux et tournants auraient des formes coniques. La condition essentielle d'assurer l'étanchéité du robinet  $X$  serait d'autant plus difficile à remplir que le tournant décrirait un angle très petit. La difficulté serait résolue en inclinant sur l'horizontale l'axe  $XY$  du Trébubchet; on créerait ainsi une composante dirigée vers  $X$  et tendant constamment à enfoncer le tournant dans le boisseau. Ce dispositif compliquerait l'étude de la stabilité de l'appareil, mais il aurait l'avantage de rôder constamment le robinet maintenu étanche.

c) *Freins*. — La brusquerie des oscillations, avantageuse au commencement des abattées et des relevées, occasionnerait à la fin des chocs nuisibles. Les moments moteurs allant en croissant, il faudrait absorber progressivement la force vive; on amortirait les chocs soit en utilisant des ressorts à lames posés sur le bâti de l'appareil, soit en montant des ressorts cylindriques en hélice sur l'axe  $XY$ . Une solution qui supprimerait les ressorts serait la suivante: Le coussinet  $Y$  et son palier seraient rempla-

cés par un demi-cercle de centre calé sur  $Y$  et dont la circonférence  $C$  roulerait en décrivant une circonférence sur le plan du bâti. On freinerait l'oscillation en ralentissant aux positions extrêmes le mouvement de roulement de la circonférence  $C$ ; pour cela on augmenterait progressivement les rayons de la courbe de roulement ce qui créerait des plans inclinés, des coins. L'absorption de force vive se ferait grâce au travail de soulèvement du Trébuchet qui pivoterait autour du palier  $X$ ; une complication en résulterait, car on devrait transformer en genouillère sphérique la surface extérieure du palier  $X$ .

d) *Détails.* — Les soupapes constituées par des rondelles en caoutchouc seraient contenues dans les boîtes en bronze facilement accessibles. La boîte de la soupape  $O$  de refoulement de l'air, recevrait de plus une soupape à boulet en bois car si à la suite d'un arrêt intempestif de l'appareil dans la position 1, le niveau de l'eau s'élevait trop, la soupape à boulet véritable flotteur viendrait obturer l'orifice de dégagement de l'air.

On régulariserait le débit en donnant au réservoir  $R$  la forme d'un gazomètre, c'est-à-dire d'une caisse renversée sur l'eau, pouvant être munie de contrepoids rendant peu sensibles les variations de pression, ces variations étant elles-mêmes atténuées par le fonctionnement du Trébuchet. Plus loin, on examinera dans quelles proportions varieront ces tensions. Enfin à l'arrivée de l'eau en  $X$ , un détenteur de pression d'eau serait installé si l'eau des

canalisations affluait avec trop de violence dans le Trébuchet. Ce détenteur pourrait contribuer à régler la pression de l'air.

**6° Fonctionnement du Trébuchet.** — Le calcul des divers éléments, contrepoids, bras de leviers, volume d'eau et d'air mis en jeu à chaque oscillation etc., se fera en utilisant deux équations d'équilibre écrites pour les positions 1 et 2. On déterminera le niveau  $N$  pour lequel l'appareil trébuche et la valeur de l'espace vide  $u$  surmontant le niveau  $N$  sera connue. Cet espace  $u$  doit être le plus petit possible. Si par exemple le plan horizontal  $N$  détermine un volume  $u$  tel qu'il soit précisément égal à celui qu'occuperait l'air de la caisse  $A$  amené dans le volume  $u$  à la pression  $\pi$ , le réservoir  $R$  n'arrivera à se remplir d'air à la pression  $\pi$  qu'après un nombre infini d'oscillations et à la fin on verra se comprimer et se détendre le même air dans le Trébuchet. Pour atteindre au réservoir  $R$  la pression  $\pi$  le plus vite possible, il faudra rendre l'espace nuisible  $u$  minimum.

Le calcul de la pression  $p_n$  atteinte par le gaz du réservoir  $R$  au bout de  $n$  oscillations est bien connu. Soit  $u, v$  les volumes de l'espace nuisible surmontant le Plan  $N$  et de l'eau contenue dans la caisse  $A$  au moment d'une oscillation.

Soit  $V$  volume du réservoir  $R$ .

$$\text{Posons : } \alpha = \frac{V + u}{V} \quad \beta = \frac{V + u}{V}$$

on trouverait l'équation

$$\alpha^n p^n = p_a + \beta p_a \frac{\alpha^n - 1}{\alpha - 1}$$

où  $p_a$  est la pression atmosphérique.

En rendant l'espace nuisible négligeable ,  
c'est-à-dire en faisant  $u = 0$ , on aurait :

$$p_n = p_a + n \frac{V}{v} p_a$$

Par exemple, si l'on veut atteindre au réservoir  $R$  une pression  $p_n = 3$  atmosphères, si l'on suppose  $V = 10 v$ , il faudra théoriquement 20 oscillations.

## § 2. — Trébuchet hydraulique aspirateur

Jusqu'à maintenant, nous avons dans le Trébuchet un appareil servant à donner de l'air ou des gaz comprimés à faibles pressions. Nous allons voir que le même Trébuchet légèrement modifié pourra servir à aspirer des gaz et à réaliser ainsi un certain degré de vide dans un réservoir  $R'$ . Pour raréfier l'air ou le gaz contenu dans le réservoir  $R'$ , il suffira de mettre en communication la soupape  $S$  avec le réservoir  $R'$ . Dans la position  $A$  du Trébuchet, l'eau arrivera par l'orifice  $X$  et en montant dans la caisse  $A$  comprimera l'air, le gaz contenu dans  $A$  et le chassera dans l'atmosphère à travers la soupape  $O$  qui s'ouvre directement dans l'air.

L'eau ayant atteint le niveau  $N$ , le Trébuchet bas-

culera et prendra la position  $A_2$ . Dans cette position  $A_2$ , l'eau de la caisse ne pourra s'écouler et faire place à l'air, au gaz du réservoir  $R'$  que si l'on a pris la précaution de mettre l'orifice d'échappement du robinet  $X$  en relation avec un récipient situé à une hauteur  $h$  au-dessous du Trébuchet, la communication étant assurée par un tube complètement étanche. Si la hauteur  $h$  est au moins égale à 10 m. 33 on pourra assurer l'écoulement de l'eau contenue dans la caisse  $A$  et arriver à créer le vide dans le réservoir  $R'$ . Le degré de vide sera bien atténué par le dégagement des gaz de l'eau et aussi par l'influence de l'espace nuisible  $u$  qui surmonte le niveau  $N$ .

En pratique, la hauteur  $h$  sera réduite à 6 mètres et moins, car dans le réservoir  $R'$  on aura besoin seulement d'un degré de vide relatif. Il s'agira surtout de provoquer un déplacement de gaz par des aspirations répétées. L'installation du Trébuchet à 10 m. 33 au-dessus du niveau d'écoulement, puits ou bêche, n'offrira aucune difficulté ; dans ces conditions le vide réalisé au réservoir  $R'$  sera le vide barométrique, théoriquement du moins. De toutes façons, le Trébuchet ne sera ici qu'un simple robinet à manœuvre automatique et la même eau après avoir donné de l'air sous pression servira à faire le vide dans un autre réservoir.

En se reportant aux calculs classiques faits pour la machine pneumatique, on aurait toutes les indications nécessaires sur le fonctionnement du Trébuchet considéré comme pompe aspirante ; l'espace

nuisible étant négligeable c'est-à-dire avec  $u = 0$  on aura une pression  $p_n$  au réservoir  $R'$  telle que

$$p_n = \left( \frac{V}{V + v} \right)^n p_a.$$

Un régulateur du degré de vide sera installé, analogue à celui précédemment décrit.

### § 3. — Appareils complémentaires du Trébuchet

Nous venons de voir que le même Trébuchet fonctionnerait successivement comme appareil de compression puis d'aspiration.

Cet appareil mettant en jeu des fluides gazeux, air, gaz, vapeur dont les propriétés physiques, chimiques, physiologiques seraient utilisées, devrait être nécessairement complété par des dispositifs chargés d'amener les fluides à avoir les propriétés voulues pour l'effet thérapeutique poursuivi. Nous ne pouvons qu'examiner ce problème général qui envisage les procédés agissant sur un fluide gazeux à qui il faut enlever des éléments, germes, poussières, chaleur, etc... ou qu'il faut charger d'éléments étrangers, chaleur, humidité, particules de vapeurs, d'essences... etc. On s'inspirerait, dans l'installation des appareils complémentaires poursuivant la solution du problème, de tout ce qui a été fait dans l'Industrie, en tenant compte bien entendu des faibles puissances imposées par le petit appareil que repré-

sente le Trébuchet et aussi, en adaptant chacun des appareils industriels aux conditions imposées par le but thérapeutique.

Nous indiquerons rapidement les caractéristiques des appareils suivants :

**1° Appareils agissant sur la pureté de l'air, du fluide gazeux.** — L'air atmosphérique puisé dans de bonnes conditions de prises extérieures contient peu de bactéries et énormément de grains de poussières. Il faudrait donc débarrasser des germes et des poussières cet air ou ce gaz destiné à un usage thérapeutique. On pourrait faire appel à des collecteurs de poussières ; par exemple dans les collecteurs en spirale, on obligerait le fluide à suivre un chemin en hélicoïde et les particules solides projetées par la force centrifuge se déposeraient à la périphérie.

On pourrait également employer des appareils faisant passer l'air, le gaz à travers une pluie fine d'eau qui laverait le fluide. L'eau ainsi introduite en excès serait séparée du fluide à qui l'on donnerait un mouvement hélicoïde, projetant tangentiellement les particules d'eau en suspension. Rien n'empêcherait de laver le fluide gazeux en utilisant l'eau de fonctionnement du Trébuchet ; l'appel d'air se ferait au point où s'écoule l'eau d'échappement qui traverserait en pluie fine le gaz aspiré ; ainsi, le Trébuchet deviendrait lui-même un appareil laveur et producteur de fluide froid et humide.

Le procédé le plus simple au point de vue enlèvement des germes et des poussières consisterait dans le filtrage de l'air. Les filtres en toile métallique et mousseline s'encrassant facilement, on emploierait de préférence la filtration sur ouate réalisée par exemple dans le filtre Combemale. Ce filtre à ouate utilisé dans le refroidissement par l'air des alternateurs industriels pourrait très bien s'adapter aux besoins créés par l'emploi du Trébuchet ; des modifications seraient apportées à ces filtres, qui devraient s'accommoder des faibles vitesses de déplacement des gaz données par le Trébuchet.

Pour compléter ces procédés de filtrage sur ouate, de lavage par l'eau ou de barbotage dans des liquides antiseptiques, il resterait le procédé de la stérilisation de l'air, des gaz par la chaleur d'une rampe à gaz par exemple. L'emploi de la chaleur devrait tenir compte de la faible conductibilité des gaz et de leur vitesse de passage toujours trop grande pour arriver à une efficacité certaine. Cependant les gaz pourraient être stérilisés dans un serpentín métallique fortement chauffé ; à défaut, on emploierait un filtre, par exemple le filtre de M. Gobbi constitué par un long ruban de nickel enroulé en hélicoïde, dont les spires sont très serrées les unes contre les autres, les interstices étant assez petits pour retenir les microbes.

**2° Appareils agissant sur la température du fluide gazeux.** — Le problème du chauffage du gaz, de l'air serait facilement résolu et aussi celui

de donner au fluide une température constante (rampes à gaz d'éclairage, radiateurs, thermo-régulateurs).

Le refroidissement du fluide gazeux, plus difficile à avoir, serait obtenu par l'emploi de réfrigérants à serpentin où circulerait par exemple une dissolution froide de chlorure de calcium. Le réfrigérant employé comme complément du Trébuchet ne ferait pas partie d'une machine industrielle frigorifique à acide sulfureux ou à ammoniaque, machine trop importante pour le modeste appareil qu'est le Trébuchet. Ici, l'abaissement de température serait obtenu par un des mélanges réfrigérants bien connus ; par exemple avec le mélange de sel marin ou de chlorure de calcium et de la glace pilée ; on pourrait aussi utiliser la dissolution de l'azotate d'ammoniaque dans l'eau, la dissolution du sulfate de soude dans l'acide chlorhydrique. Enfin, bien que la vitesse de déplacement du fluide gazeux à refroidir soit assez faible, on obtiendrait un refroidissement suffisant par la vaporisation de l'éther, de l'anhydride sulfureux traversé par un courant d'air sec, du chlorure de méthyle. Le Trébuchet en contribuant à l'évaporation de liquides, de l'eau même, créerait une source de froid.

**3° Appareils agissant sur l'état hygrométrique** — Le problème de l'humidification du fluide gazeux, facile à résoudre ne serait, qu'un cas particulier du problème de la carburation. On s'inspirerait de ce qui a été fait dans l'industrie textile

pour adapter au Trébuchet des régulateurs de température et d'humidité du fluide gazeux.

La dessiccation du gaz serait plus difficile à obtenir. On utiliserait les appareils réfrigérants précédemment envisagés à refroidir une capacité où arriverait l'air humide que l'on veut dessécher. Cet air déposerait sous forme de neige, de glace la plus grande partie de l'eau qu'il contient. L'air serait ainsi refroidi, séché et partiellement stérilisé. Enfin, on obtiendrait un plus haut degré de siccité en faisant passer le fluide gazeux sur une substance desséchante, comme le chlorure de calcium, la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique ou encore l'anhydride phosphorique.

**4<sup>e</sup> Appareils agissant sur le fluide gazeux au point de vue de sa teneur en vapeurs diverses.** — Ce problème qui consiste à donner à un gaz inerte les propriétés des vapeurs, sera examiné plus loin au chapitre III.

#### RÉSUMÉ DU CHAPITRE PREMIER

En résumé, le Trébuchet nous donnerait de l'air, ou un gaz pur, ou un gaz chargé de vapeurs dans des conditions suffisamment variables, pour que l'état physique, chimique du fluide gazeux puisse convenir aux besoins thérapeutiques envisagés. Il nous reste à voir tout le parti que l'on pourrait tirer du Trébu-

chet ou des appareils analogues, qui s'installeraient rapidement, facilement et fonctionneraient aussi bien dans les services hospitaliers, que dans une habitation privée où il y aurait une distribution d'eau.

---



## CHAPITRE II

### UTILISATION THÉRAPEUTIQUE ET MÉCANIQUE DU TRÉBUCHET

---

#### § 1. — Rendement du Trébuchet.

Dans ce chapitre, nous allons examiner l'utilisation thérapeutique du Trébuchet considéré comme un appareil susceptible de donner de l'énergie sous forme d'air comprimé. Nous sommes donc amenés tout d'abord à dire quelques mots du rendement du Trébuchet compresseur.

Soit  $\varphi$  le volume de la caisse oscillante  $A$  ; soit  $V$  le volume du réservoir  $R$  dont l'air est à la pression  $p_n$  après  $n$  oscillations. Nous supposons nul l'espace nuisible  $u = 0$ . Dans  $n$  oscillations le Trébuchet fera passer le volume  $n\varphi$  d'air pris à la pression atmosphérique  $p_a$ , au volume  $V$  du réservoir dont l'air est à la pression  $p_n$ . En supposant les compressions adiabatiques, ce qui est sensiblement vrai ici, le travail de compression considéré au réservoir  $R$  sera :

$$t = \int_{p_a}^{p_n} p \, d\varphi = n\varphi p_a L \frac{p_n}{p_a}$$

ou bien  $t = n\varphi L p_n$

en prenant comme unité la pression atmosphérique  $p_a$ .

Ce travail  $t$  emmagasiné au réservoir  $R$  demandera  $n$   $\varnothing$  litres d'eau pris sur la conduite d'eau à une pression  $p_n$  atmosphères. Cette eau sous pression aurait été susceptible de fournir un travail

$$T = n \varnothing p_n$$

Le rendement du Trébuchet sera donc :

$$\rho = \frac{t}{T} = \frac{L p_n}{p_n}$$

En étudiant la fonction bien connue caractérisée par le rapport de logarithme au nombre, nous voyons que le rendement  $\rho$ , qui s'annule pour  $p_n = p_a$  augmentera, pour passer par un maximum et décroître ensuite jusqu'à 0, au fur et à mesure que les pressions  $p_n$  iront en croissant. Le maximum du rendement aura lieu pour  $\frac{p_n}{p_a} = e$ , c'est-à-dire lorsque  $p_n = 2,71 p_a$  environ. Pour cette valeur, le maximum de  $\rho$  aura pour valeur

$$\rho = \frac{1}{e} = \frac{1}{2,71} \text{ supérieur à } \frac{1}{3}$$

Remarquons que c'est souvent aux environs de ce maximum de rendement que le Trébuchet fonctionnera car les canalisations d'eau des villes sont telles que presque toujours on pourra réaliser  $p_n = 3 p_a$ .

L'on voit que, même dans les meilleures conditions de fonctionnement, le rendement du Trébuchet ne sera pas élevé. Cependant on doit observer que

l'air comprimé donné par le Trébuchet sera un sous-produit résultant de l'utilisation de l'eau pour les besoins domestiques. Dans l'appareil, l'eau sera débarrassée de sa pression et le Trébuchet utilisera sous forme d'air comprimé l'énergie de l'eau qui, pour les usages domestiques, est dissipée à la sortie du robinet sous forme de chocs. L'eau s'échappant du Trébuchet, recueillie dans un réservoir où elle arrivera avec une charge bien diminuée, sera utilisée comme à l'ordinaire. En somme, le robinet fournira gratuitement une certaine énergie inutilisée le plus souvent. Donc on peut dire que le rendement n'a pas une grande importance, surtout si l'on a en vue des applications thérapeutiques dont le champ d'action ne rappelle en rien les régimes industriels.

Examinons maintenant quelques types d'applications thérapeutiques du Trébuchet envisagées surtout au point de vue mécanique.

## § 2. — Applications thérapeutiques des gaz considérés comme agents physiques

Nous avons surtout en vue les applications de l'air.

a) *Air comprimé.* — On utiliserait le Trébuchet pour donner des bains d'air comprimé. Dans le procédé actuel l'air est refoulé dans une chambre étanche où le malade respire une heure et demie chaque jour ; la compression se fait lentement pour atteindre au maximum  $\frac{2}{5}$  d'atmosphère. Ces bains

d'air comprimé sont employés dans l'asthme, l'emphysème, la coqueluche.

Le Trébuchet aspirateur et compresseur sera employé dans les nombreux appareils qui font faire aux malades des inspirations dans l'air comprimé et des expirations dans l'air raréfié, cela en vue de traiter l'emphysème, la dilatation des bronches, la sclérose pulmonaire.

On pourrait penser au Trébuchet pour fournir de l'air comprimé à l'appareil du Dr Brauer ou aux appareils semblables. Cet appareil permet des opérations sur la plèvre, sur le médiastin et évite le double pneumothorax qui étouffe le malade. A l'inverse de la chambre de Sauerbruch, l'appareil du Dr Brauer met seule la tête du patient dans l'air comprimé d'une cage en verre ayant une capacité de 30 litres. Le reste du corps du malade étant à la pression atmosphérique, opérateur et chloroformisateur sont à l'air libre sans être gênés. Le Trébuchet compresseur, envoyant de l'air dans la cage en verre, suffirait à augmenter la pression intra-bronchique en évitant le retrait du poumon et si au lieu d'air pur un mélange titré de chloroforme était comprimé, on assurerait en même temps la narcose.

Mais le Trébuchet de dimensions moyennes ne serait capable que de faibles débits ; à la rigueur, il pourrait être employé dans les cas précédents ; cependant, l'emploi de ventilateurs mus électriquement apporterait une meilleure solution. De même on ne pourrait guère songer au Trébuchet aspirateur pour

réaliser une dépression dans la chambre du Dr Sauerbruch dont le but est de mettre le patient et les opérateurs à une pression inférieure à celle de l'atmosphère, tandis que seule la tête du malade est à la pression atmosphérique, ce qui évite le pneumothorax.

b) *Bains d'air*. — Le Trébuchet trouverait son application dans le traitement de la tuberculose pulmonaire, surtout de la phtisie laryngée par l'air surchauffé et encore dans le bain d'air chaud local, employé dans le traitement des tuberculoses, telles que les tumeurs blanches, les arthrites chroniques. A l'action physique de l'air, s'ajouterait l'action physiologique des éléments étrangers introduits artificiellement dans l'air.

Le Trébuchet serait également indiqué dans les bains froids gazeux généraux ; l'appareil compresseur, en assurant un afflux régulier d'air à température peu élevée réaliserait l'action hypothermisante des bains d'eau froide. Ici, mieux qu'avec l'eau, on pourrait avoir avec l'air toutes les gammes de température et toutes les modalités, depuis les bains tièdes progressivement refroidis, jusqu'aux bains froids donnés brusquement ; aucune difficulté matérielle ne viendrait compliquer le traitement agissant sur le malade resté dans son lit. Sans aller jusqu'à créer de grandes différences de température entre le corps du malade et l'air affluant à son contact, il est certain qu'une faible différence de température de quelques degrés suffirait, par l'action continue de

l'afflux d'air, à enlever aux parties superficielles du malade une notable quantité de chaleur et, comme dans les bains d'eau froide, on provoquerait aussi un appel à la chaleur centrale du corps avec toutes ses conséquences. On ne peut dire si comme avec le bain d'eau on aurait, en employant de l'air, des réflexes cutanés aussi favorables, ainsi que des modifications heureuses du côté du système nerveux des appareils cardiaques et respiratoires.

On a une idée de l'action respective des bains d'eau et d'air, en rappelant la formule de Newton qui donne approximativement la quantité de calories  $M$  transmises pendant  $Z$  heures par un corps de surface  $S$  et de température  $t$  à une enceinte de température  $\theta$ .

$$M = KS (t - \theta) Z$$

Pour de l'eau au repos  $K = 500$  environ et si l'eau est agitée  $K$  va de 2.000 à 4.000.

Pour un gaz en mouvement  $K = 2 + 10 \sqrt{v}$  où  $v$  est la vitesse allant de 1 à 100 mètres à la seconde. Ces formules mettent en évidence l'importance de la vitesse dans le cas du refroidissement par l'air. On s'explique encore les différences de déperdition dans l'eau et dans l'air, en disant que la capacité calorifique de l'eau étant égale à 1, celle de l'air est de 0,237 environ. Mais ces formules ne suffisent pas à étudier les déperditions car, si elles conviennent aux bains d'eau, elles n'envisagent qu'un des éléments de refroidissement du corps humain soumis à un cou-

rant d'air ; ici, nous avons eu plus à tenir compte de l'évaporation intense qui se produit à la surface du corps et ce phénomène nouveau crée une différence essentielle entre les bains gazeux et les bains d'eau. L'évaporation de la sueur provoque une action réfrigérante et la quantité de chaleur  $M$  fournie et par suite perdue par le corps est fonction de l'état de la surface cutanée, de la température et du degré hygrométrique de l'air venu en contact avec le corps. Chaque kilogramme d'eau vaporisé à la surface du corps correspond à l'enlèvement de 500 grandes calories environ. L'air froid est beaucoup plus vite saturé et enlève moins de vapeur d'eau que l'air chaud et sec très avide d'eau. Donc la formule du refroidissement du corps humain est complexe et si la conductibilité, le rayonnement, la convection exigent pour un grand refroidissement de l'air très froid, chargé d'humidité qui le rend meilleur conducteur, au contraire, l'évaporation demande de l'air chaud et sec. En s'inspirant des calculs faits dans l'établissement des appareils industriels de séchage, on étudierait facilement la fonction  $M + M'$  où la température et l'état hygrométrique seraient les variables. On trouverait les conditions pour lesquelles cette fonction est maximum et on verrait que, en mettant en jeu des quantités suffisantes d'air à des vitesses considérables, on arriverait à des dépenses facilement égales et même supérieures à celles trouvées dans un bain d'eau relativement immobile.

Mais le côté physique de la question ne constitue

qu'un des aspects du problème et le refroidissement par l'air semble être à redouter surtout s'il est brusque et s'il y a arrêt de la sécrétion sudorale avec rétention des toxines de la sueur, phénomènes exposant à des pneumonies, à des néphrites. Même à ce point de vue, le refroidissement par l'air serait-il plus dangereux que le bain froid dont l'eau crée de brusques changements de température? Brand envisageait des bains d'eau dont la température aurait été de 25 degrés inférieure à celle du malade. Si la méthode des bains froids n'est pas partout acceptée et si elle n'est pas toujours employée suivant la formule de Brand, on conçoit que l'emploi des bains d'air froid puisse être considéré comme excessif. Néanmoins, il semble que le refroidissement par l'air soit acceptable avec des vitesses modérées et à des températures ne différant de celles du malade que de quelques degrés. La continuité de l'action exercée durant des heures par le Trébuchet envoyant de l'air relativement frais pourrait donner lieu à des résultats intéressants dans la fièvre typhoïde, les fièvres éruptives.

Les bains d'air chaud correspondraient dans leurs effets aux bains d'eau chaude prescrits dans les complications thoraciques de la grippe, de la rougeole et dans les affections aiguës des voies respiratoires.

Terminons en disant que, avec les bains gazeux à action presque continue et très faciles à donner, l'action physique résultant de la température du

gaz, de l'air, devrait se doubler de l'action physiologique de ce gaz, de cet air chargé de substances, de vapeurs médicamenteuses.

c) *Inhalations*. — Le Trébuchet compresseur permettrait le barbotage de l'air dans des liquides médicamenteux. Avec cet appareil on pourrait réaliser les chambres à air comprimé où G. Sée faisait respirer les malades, après avoir saturé l'air des chambres de substances volatiles comme la créosote; ces inhalations devaient pratiquer l'antisepsie pulmonaire et permettre l'absorption rapide de substances médicamenteuses entrant dans la circulation générale à travers la grande surface de l'endothélium pulmonaire. Toujours avec le Trébuchet, on réaliserait la pulvérisation des liquides peu volatils par l'air chaud remplaçant les pulvérisations faites à la vapeur; c'est là le procédé du Dr Glover qui l'emploie avec un appareil particulier dans le traitement des maladies de la gorge et du nez.

### § 3. — Applications journalières du Trébuchet considéré comme source d'énergie

a) *Thérapie vibratoire*. — L'air comprimé ou raréfié des Trébuchets pourrait être utilisé à mettre en mouvement des appareils vibreurs employés dans le traitement des névralgies, des migraines et céphalées nerveuses; il serait également appelé à mettre en mouvement des appareils de massage pneumatique.

On construirait facilement ces appareils en s'inspirant des outils frappeurs industriels employés dans le rivetage et dans le travail des bois, où l'on trouve des appareils sans distributeurs à faible course donnant de 10.000 à 20.000 coups à la minute.

L'air raréfié du Trébuchet servirait aussi dans le massage pneumatique fait par les appareils à ventouse.

Notons en passant que l'air comprimé du Trébuchet serait susceptible de mettre en marche toutes sortes d'outils, en particulier les perforateurs chirurgicaux.

b) *Applications du Trébuchet dans le déplacement des fluides.* — Laissant de côté les applications industrielles où le déplacement des fluides, exécuté par des appareils analogues à celui de Montrichard, réclame des quantités considérables d'air comprimé pour élever des liquides chauds, des eaux boueuses, des acides, nous pouvons dire cependant que l'air comprimé du Trébuchet pourrait servir à faire des manipulations délicates, comme celles que l'on rencontre dans les préparations des vaccins antityphiques destinés à l'armée, où l'air comprimé assure la propulsion des divers éléments nécessaires aux ensemencements, à la récolte du vaccin et à sa répartition en ampoules. D'une façon générale le Trébuchet rendrait des services dans la fabrication presque industrielle des produits physiologiques.

Une autre application du Trébuchet se trouverait dans le refroidissement par l'air des anticathodes,

dans les ampoules fournissant des rayons X ; avec ce procédé qui exige une source d'air sous pression, l'intensité de dix milli-ampères peut être maintenue très longtemps, alors que le refroidissement par l'eau ne permet que des intensités de deux milli-ampères.

Le Trébuchet compresseur et aspirateur permettrait aussi la ventilation individuelle ; autour d'un malade, l'air respiré s'accumule et devient de plus en plus toxique ; d'Arsonval avait trouvé un appareil aspirant et rejetant cet air au dehors. Ces opérations s'exécuteraient facilement avec le Trébuchet (Traitement de la tuberculose).

D'autres applications seraient encore trouvées ; par exemple, le Trébuchet permettrait dans les habitations, dans les filatures, une arrivée d'air qui par barbotage dans l'eau se chargerait d'humidité destinée à combattre la sécheresse de l'air que donnent des systèmes de chauffage central par calorifères ou à vapeur et à eau chaude ; l'air devrait contenir une quantité de vapeur au moins égale à la moitié de la teneur correspondante au point de saturation ; il faudrait donc humidifier l'air, d'autant plus que sa température serait plus élevée.

Le Trébuchet serait aussi utile pour envoyer aux couveuses un air chaud et riche en oxygène, éléments indispensables aux prématurés.

---



## CHAPITRE III

### APPLICATIONS DU TRÉBUCHET A LA PRODUCTION DE MÉLANGES TITRÉS

---

En vue de certaines applications thérapeutiques, les appareils compresseurs ou aspirateurs déplaceraient les fluides gazeux chargés ou non de substances étrangères. Précédemment, nous avons examiné les procédés que l'on emploierait pour donner aux gaz des propriétés physiques convenables. Dans ce chapitre, nous dirons quelques mots sur la façon dont on agirait pour donner aux gaz de nouvelles propriétés physiologiques, en les chargeant de vapeurs ou de particules liquides que l'on voudrait faire agir sur le malade. Mais auparavant, nous examinerons quels sont les débits fournis par le Trébuchet.

#### § 1. — Débits du Trébuchet compresseur

On pourrait calculer le temps que le Trébuchet de volume  $V$ , travaillant avec de l'eau sous pression  $P$ , mettrait à donner à l'air du réservoir  $V$  une pression  $p_n$  précédemment calculée, atteinte au bout de

$n$  oscillations. La durée de remplissage de la caisse  $A$  varierait avec la pression déjà existante au réservoir  $R$  et on conçoit que les premières oscillations se feraient dans un temps très court, puis que le mouvement de balancier du Trébuchet se ralentirait de plus en plus au fur et à mesure que l'on se rapprocherait au réservoir  $R$  de la pression limite que donnerait l'eau des canalisations. Pour faire le calcul exact, on considérerait le temps mis par le Trébuchet à se vider et à se remplir au moment où la pression au réservoir  $R$  aurait comme valeur  $p_n$  ; ensuite on ferait la somme de tous ces temps, depuis  $n = 1$  jusqu'à  $n$  et on arriverait à une expression compliquée, mais facile à trouver. Nous pouvons simplifier en remarquant que le but poursuivi par le Trébuchet dans ses applications thérapeutiques demanderait surtout des déplacements de fluide se faisant sous faibles pressions, toujours éloignées de la pression limite donnée par l'eau des canalisations. Alors les calculs se réduisent beaucoup.

1° Temps  $t$  mis par la caisse pour se vider.

Soit  $H$  la hauteur du Trébuchet de section  $S$ , la section de sortie de l'eau étant  $s$ .

Comme  $Sdh = \sqrt{2gh} \cdot s \cdot dt$ .

Le temps  $t$  mis par la caisse pour se vider serait

$$t = \frac{S}{s} \frac{1}{\sqrt{2g}} \int_0^H \frac{dh}{\sqrt{h}} = \frac{S}{s} \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

qui serait la partie principale du temps séparant deux oscillations.

2° *Temps  $\theta$  mis par la caisse pour se remplir.* — Ce temps comprendrait deux parties. La première serait le temps mis par l'eau pour donner à l'air de la caisse une pression permettant à la soupape *O* de se soulever ; la deuxième serait le temps mis par l'air pour passer de la caisse *A* au réservoir *R*. Le calcul du premier temps amènerait à une intégrale facile à calculer, mais assez compliquée. Nous pouvons simplifier en faisant un calcul approximatif, valable seulement pour les faibles pressions  $\pi$  voisines de la pression atmosphérique et éloignées de la pression *P* de l'eau de la canalisation. En supposant constante cette pression  $\pi$  ce qui nous place dans un cas défavorable, on trouve que le temps  $\theta$  est donné par la relation

$$\theta = \frac{S}{s} H \frac{1}{\sqrt{2g(P-\pi)}}$$

où les pressions sont évaluées en mètres d'eau.

La durée totale d'une oscillation serait égale à  $t + \theta$ , cela avec les réserves faites plus haut.

Supposons le Trébuchet constitué par une caisse ayant approximativement les dimensions : hauteur  $H = 0 \text{ m. } 25$  ; longueur  $0 \text{ m. } 50$  ; largeur  $0 \text{ m. } 25$ .  
 $S = 0 \text{ m. } 5 \times 0 \text{ m. } 25 = 0 \text{ mq. } 125$ .

Si l'orifice d'écoulement *S* est un cercle de 3 centimètres de diamètre,  $s = 0 \text{ mq. } 0007$ .

Par hypothèse, demandons à l'eau de la canalisa-

tion, qui est sous une pression  $P = 2$  atmosphères par centimètre carré correspondant à une hauteur d'eau de 20 mètres environ, de nous fournir de l'air comprimé à la pression relative  $\pi = \frac{1}{2}$  atmosphère équivalent à 5 mètres d'eau, nous trouverons pour une oscillation :

Temps d'écoulement  $t = 40$  secondes environ ;

Temps de remplissage  $\theta = 10$  secondes environ.

Au total 50 secondes ; dans ce calcul nous aurions dû tenir compte des coefficients de contraction des veines fluides aux orifices, des espaces nuisibles, etc. Ce calcul approximatif nous donne une idée des débits et nous permet de dire que le Trébuchet, réalisé par une caisse ayant comme dimensions  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$  en mètres, fournirait toutes les minutes un débit de 30 litres à la pression voisine de l'atmosphère et même de 20 litres à la pression relative de une atmosphère et demie. Cet exemple montre également l'influence considérable sur le débit de la section  $s$  ; la construction du trébuchet devrait tendre à réaliser des orifices de sortie les plus grands possible, afin de diminuer le temps que met la caisse à se vider. Ces résultats montrent aussi que les gros Trébuchets seront toujours très loin des appareils industriels déplaçant de grands volumes de fluide sous de fortes pressions.

## § 2. — Mélanges de gaz, de vapeurs

**1° Carburation.** — Le Trébuchet compresseur nous ferait disposer d'un débit régulier d'air ou de gaz. Nous allons examiner comment l'on donnerait à cet air, à ce gaz, plus ou moins inertes, de nouvelles propriétés thérapeutiques. Nous n'aurons qu'à rappeler rapidement ce qui a été fait pour la carburation industrielle qui réalise de simples mélanges, en amenant l'essence de pétrole à un grand état de division, lui permettant de former avec l'air une sorte de brouillard où les vésicules liquides sont mélangées aussi intimement que possible avec l'air ; une condition importante est que dans le mélange carburé le dosage des éléments participants soit rigoureusement constant.

Ici, où l'on vise surtout les applications thérapeutiques, le problème serait plus simple, car la composition du mélange étant bien déterminée une fois pour toutes ne changerait que très rarement et nous n'aurions pas à envisager l'automatisme de la carburation. Cependant, dans les appareils utilisateurs, on devrait prévoir une arrivée d'air ou de gaz supplémentaire pour rétablir telle composition voulue.

Nous pourrions adapter au but poursuivi tous les anciens carburateurs qui se sont trouvés trop faibles devant les exigences des moteurs industriels. Nous aurions à notre disposition de vieux modèles comme le carburateur Rouart où des augets portés par un

cylindre tournant déverseraient le liquide en pluie fine dans le courant d'air traversant le cylindre ; ce distributeur rotatif aurait l'avantage de doser la proportion de liquide contenu dans l'air et dans ce cas la carburation se ferait par dosage.

On pourrait employer aussi le carburateur à barbotage très simple et donnant un mélange homogène dans lequel la proportion de vapeur entraînée dépendrait de la température de l'air, de celle du liquide, de la vitesse de l'air et de l'épaisseur de liquide traversé. Le carburateur à léchage très simple également donnerait une bonne solution.

L'évaporation des liquides amènerait un refroidissement considérable ; donc il serait nécessaire de réchauffer le carburateur ; cela serait aussi indispensable pour activer l'évaporation des liquides peu volatils à la température ordinaire, comme l'alcool, la benzine, le chloral dont les points d'ébullition sont respectivement de 78°, 80°, 99° degrés.

**2° Évaporation.** — Nous venons de dire comment l'on pourrait introduire dans un gaz inerte des quantités variables de substances étrangères ; les appareils et leur réchauffage rappelleraient d'autant plus les carburateurs industriels agissant sur l'essence de pétrole (dont le point d'ébullition va de 70 degrés à 120 degrés) que l'on aurait à utiliser des liquides peu volatils à température ordinaire. Mais souvent le problème serait simplifié par le fait que le liquide à introduire aurait un point d'ébullition voisin de

la température moyenne. Par exemple, avec l'éther éthylique, qui bout à  $34^{\circ}5$ , le problème de la carburation serait bien simplifié. On trouverait également des facilités avec des liquides tels que le brome qui bout à  $63$  degrés, mais qui a déjà à la température ordinaire une forte tension de vapeur.

Dans l'étude des mélanges de gaz et de vapeurs saturées on appliquerait les lois physiques, disant que la tension de ces mélanges est égale à la tension qu'exercerait le gaz s'il occupait seul le volume du mélange, augmentée de la tension de la vapeur saturée formée dans la chambre barométrique à la même température. Si la vapeur n'était pas saturée, la loi de Mariotte serait appliquée comme première approximation.

Dans les applications thérapeutiques où le Trébuchet assurerait son action prolongée, il serait nécessaire le plus souvent que le gaz ou l'air envoyés au malade soit chargé de très faibles quantités de substances étrangères », une faible teneur étant indispensable pour éviter l'accumulation et l'action trop vive des substances médicamenteuses arrivant de façon continue. On n'utiliserait plus à proprement parler la carburation, mais on mettrait en jeu l'évaporation, c'est-à-dire la production lente de vapeurs à la surface du liquide. La rapidité de l'évaporation dépendrait de la surface libre du liquide, de sa température et de celle du gaz ou de l'air et du degré de siccité de ces derniers éléments, ainsi que de sa pression, car l'évaporation serait plus grande dans le vide que dans

un gaz. Non seulement l'évaporation utilisée dans un carburateur à léchage suffirait pour donner un mélange en proportions suffisantes, mais le plus souvent la proportion naturellement obtenue serait trop forte et il faudrait user d'artifice pour diluer au degré voulu la substance étrangère que l'on voudrait introduire.

Jusqu'à maintenant, nous avons examiné l'évaporation des liquides, mais le gaz inerte ou l'air pourrait se charger aussi de vapeurs au contact de solides médicamenteux. Cela est évident pour des corps comme l'iode qui, fondant à 113 degrés, bouillant à 175 degrés, émet déjà des vapeurs sous forte tension à la température ordinaire, vapeurs facilement entraînées par le fluide gazeux venu du Trébuchet. D'une façon générale, les applications thérapeutiques envisagées par l'action d'un fluide gazeux chargé de substances étrangères feraient intervenir la propriété commune aux liquides et aux solides d'émettre des vapeurs à toutes les températures. En physique, on a constaté que « l'évaporation peut se produire à des températures où la tension de vapeur est trop faible pour être mesurée. » Par exemple, Merget a constaté avec l'azotate d'argent ammoniacal la présence à — 40 degrés de vapeurs de mercure dans l'air et Demarcay a observé la vaporisation des métaux dans le vide à des températures relativement basses. Ces considérations conduisent à dire que les liquides et beaucoup de solides pourraient être introduits dans des mélanges gazeux peu chargés en subs-

tances médicamenteuses, mais compensant cette faible teneur, d'ailleurs nécessaire, par leur action continue et prolongée.

Ces questions de carburation devraient amener à parler de la dissolution des solides et des liquides dans les gaz, dissolution peu appréciable dans les conditions normales de température et de pression ; même à température ordinaire, les gaz peuvent dissoudre des solides et des liquides ; mais le phénomène ne devient facilement observable qu'à des pressions trop considérables pour être utilisées. C'est ainsi que le brôme, l'iode, se dissolvent dans l'air, dans l'oxygène à 100 atmosphères ; les dissolutions produites par l'oxygène sont déjà appréciables à 4 atmosphères de pression. Ces phénomènes de dissolution sont distincts de ceux que l'on observe avec des gaz liquéfiés où l'on voit par exemple l'acide carbonique liquide dissoudre le camphre, la benzine et l'acide sulfureux dissoudre des sels minéraux.

Nous terminerons en disant qu'il serait possible de donner au fluide des propriétés nouvelles, par exemple en réalisant son ionisation, ou en le chargeant d'émanations de radium, de thorium qui se comportent comme des gaz lourds très maniables. L'émanation de radium se mélange à l'air facilement et se conduit en véritable gaz.

En résumé, le Trébuchet mettrait en mouvement, par aspiration ou par compression, des masses gazeuses dont les propriétés physiques et chimiques

permettraient d'obtenir des effets physiologiques déterminés.

### § 3. — Mélanges titrés anesthésiques

1° *Variations de pressions d'un réservoir alimenté par le Trébuchet.* — Nous dirons plus loin que pour faire contribuer le Trébuchet à la production des mélanges titrés, il sera nécessaire d'arriver à lui faire produire un débit régulier d'air à vitesse sensiblement constante. Pour régulariser le débit, on passera par l'intermédiaire obligé d'un réservoir *R* en métal qui sera alors un véritable gazomètre ou plus simplement un sac en caoutchouc, en baudruche. Le Trébuchet ayant des dimensions relativement faibles de  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$  mètre pourra fournir par minute un débit de 30 litres environ à des pressions un peu supérieures à la pression atmosphérique. Si le malade fait 20 aspirations par minute en faisant pénétrer un demi-litre d'air dans les poumons à chaque inspiration, on voit que 10 litres d'air environ par minute seront nécessaires ; donc, même en comptant sur les pertes de charge, les déperditions, un Trébuchet plus petit que celui que nous avons prévu suffira à assurer la respiration du patient. De plus, le Trébuchet qui est un compteur d'eau sera aussi un compteur d'air et par expérience, on trouvera facilement les conditions de pression et de volume qui assureront un débit convenable.

Mais le débit du Trébuchet est intermittent, ainsi que l'appel d'air fait par les poumons. Le réservoir  $R$ , interposé entre le Trébuchet et les poumons du malade, aura pour mission d'éviter de trop fortes variations de pressions qui influeraient fâcheusement sur la régularité du titre du mélange à obtenir. Etudions le régime de ces pressions.

Appelons  $T$  le temps qui sépare deux oscillations. Considérons le réservoir  $R$  supposé isolé du compresseur et chargé seulement de fournir aux poumons durant le temps  $T$  un volume d'air  $v$  égal au débit du Trébuchet. En supposant le débit continu, c'est-à-dire en négligeant les alternances d'inspirations et d'expirations et s'il n'y a pas d'apport, la pression baissera suivant une courbe  $mn$  qui sera une courbe en escaliers, mais que pour simplifier, nous confondrons avec une droite (fig. 4). La pres-

### Variations des Pressions

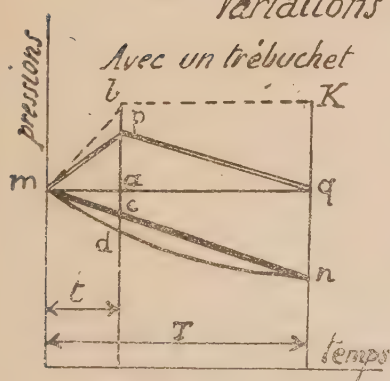


fig 4

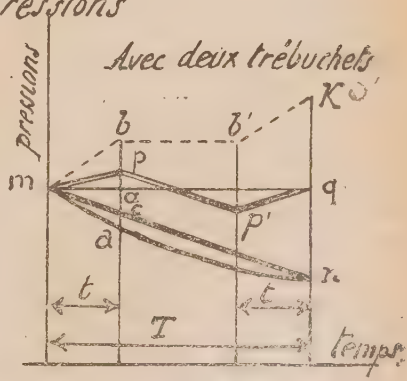


fig 5

sion diminuera de  $P$  à la valeur  $P - \frac{\varphi}{V} p_a$

$\varphi$  débit du Trébuchet;  $V$  volume du réservoir;  
 $p_a$  pression atmosphérique.

Considérons maintenant le réservoir  $R$  supposé isolé des poumons et recevant durant le temps  $t$  un volume d'air  $\varphi$ . Pendant le temps  $t$ , l'eau montant dans le Trébuchet enverra le volume  $\varphi$  au réservoir  $R$ , mais celui-ci restera le temps  $T-t$  sans recevoir de l'air. Donc, s'il n'y avait pas de débit, la pression au réservoir partirait de la valeur  $P$  d'origine pour atteindre la valeur  $P + \frac{V}{P} p_a$  au bout du temps  $t$  et rester constante pendant  $T-t$ . Les variations de pressions se feront suivant une ligne  $mbK$  (fig. 4).

Au total, le réservoir  $R$  considéré comme fournissant un débit  $\varphi$  régulier durant  $T$ , tout en recevant un apport  $\varphi$  durant  $t$ , verra ses pressions varier suivant une ligne  $mpq$  obtenue en superposant les deux lignes  $mn$  et  $mbK$ .

C'est au point  $p$  que la variation de pression sera maximum et la surpression aura pour valeur :

$$x = ap = \frac{\varphi}{V} p_a \left( 1 - \frac{t}{T} \right)$$

et dépendra du rapport  $\frac{\varphi}{V}$  ce qui était évident *a priori*. Le rapport  $\frac{t}{T}$  intervient aussi; on aura inté-

rêt à augmenter le rapport  $\frac{t}{T}$  sans donner à  $T$  des valeurs trop grandes. C'est en réalisant au réservoir  $R$  de fortes pressions que les variations seront les plus faibles; cela, non seulement parce que devant de fortes pressions les mêmes variations de pression auront moins d'influence, mais aussi parce que avec des pressions élevées au réservoir  $R$  le temps  $t$  sera relativement grand, le remplissage du Trébuchet se faisant lentement. Remarquons ici que l'espace nuisible deviendra favorable en accélérant la sortie de l'eau de l'appareil, ce qui diminuera  $T$  en laissant  $t$  constant. Le calcul et l'expérience fixeront sur les meilleures dispositions à adopter.

Prenons un exemple numérique. Supposons  $\frac{v}{V} = \frac{1}{10}$  et  $\frac{t}{T} = \frac{1}{4}$  valeurs correspondant sensiblement au Trébuchet moyen déjà vu.

La variation maximum de pression sera, en supposant  $P = 2$  atmosphères.

$$x = \frac{3}{40} p_a$$

La pression variera de 2 atmosphères à  $\frac{83}{40}$  atmosphères et les vitesses d'écoulement, qui varient comme les racines carrées, auront des fluctuations allant de  $\sqrt{2} = 1,41$  à  $\sqrt{\frac{83}{48}} = 1,44$ , ce qui donnera des différences atteignant 2 o/o.

Ces variations seront un peu fortes puisqu'elles se

rapprocheront des variations de titres que l'emploi des anesthésiques exigera. On pourra diminuer ces fluctuations en adoptant sur le gazomètre des dispositifs mécaniques particuliers.

Il sera plus simple d'associer deux Trébuchets, ayant chacun un volume moitié du précédent. Si on alimente le réservoir  $R$  par  $n$  Trébuchets de volume  $\frac{v}{n}$ , travaillant successivement pendant le temps  $t$ , la variation de pression sera

$$x = \frac{v}{V} p_a \left( 1 - \frac{nt}{T} \right)$$

bien inférieure à la valeur  $x$ . Donc deux Trébuchets réaliseront déjà une amélioration en doublant le temps de remplissage. Si  $n$  était égal au nombre d'aspirations des poumons, chaque Trébuchet fournissant le volume aspiré, les fluctuations seraient nulles.

La combinaison la plus avantageuse et la plus simple serait fournie par deux Trébuchets alimentant le réservoir  $R$  avec un décalage de  $T - 2t$ . Les variations de pression se feraient suivant la ligne  $mpp'q$  de la fig. 5; la variation maxima aurait pour valeur

$$Z = \frac{v}{2V} \left( 1 - \frac{2t}{T} \right) \text{ atmosphères.}$$

Avec les dimensions précédentes on trouverait

$$Z = \frac{1}{40} p_a$$

En supposant  $P = 2$  atmosphères, les pressions varieront de 2 atmosphères à  $\frac{81}{40}$  atmosphères et les vitesses de 1,41 à 1,42. On aura des différences inférieures à 1 o/o et par suite très acceptables au point de vue régularité du titre des mélanges.

**2° Appareil pour l'anesthésie générale par le chloroforme, l'éther, le chlorure d'éthyle. —**  
En vue d'obtenir une anesthésie parfaitement bien réglée, on a repris depuis quelques années l'étude des mélanges titrés anesthésiques, dont l'idée revient à P. Bert qui a montré que « l'action des gaz et des vapeurs sur l'être vivant est réglée par leur tension partielle » et non par leur quantité absolue. Des expériences de P. Bert faites sur des animaux avec des mélanges d'air et de vapeurs de chloroforme, il résulte que les mélanges fournis par 100 litres d'air avec des quantités de vapeurs de chloroforme allant de 6 à 10 grammes permettent une anesthésie inoffensive. Le mélange de choix semble être celui où pour 100 litres d'air, il y a 10 grammes de chloroforme. En dehors de ces proportions, on n'obtient pas l'anesthésie si les proportions de chloroforme sont trop faibles, ou bien on détermine la mort de l'animal si elles sont trop fortes. On conçoit donc que la méthode de la compresse exige des précautions et une certaine expérience, pour ne pas exposer le malade à respirer un mélange où les vapeurs de chloroforme auraient une tension trop grande. Pour

éviter ce grave inconvénient, on a construit des appareils plus ou moins maniables et délicats tendant tous à préparer des mélanges titrés anesthésiques.

Examinons l'emploi du Trébuchet à la production de ces mélanges. Au réservoir *R* nous disposons d'une source d'air à pression sensiblement constante. De ce réservoir partiraient 2 tubes, l'un amenant l'air directement au masque respiratoire mis sur la figure du patient, l'autre allant également au masque, mais en passant par l'appareil dont les fonctions seraient de donner à cet air des proportions bien définies de vapeurs anesthésiques. Il y aurait à examiner les deux procédés de carburation et de réglage.

a) *Carburation*. — Avec le chloroforme peu volatil à température ordinaire puisqu'il bout à 61 degrés, on emploierait le carburateur à barbotage; on pourrait chauffer l'appareil pour activer l'évaporation et empêcher un refroidissement trop grand. L'air quittant le réservoir *R* à une pression maintenue constante, pour arriver au masque où régnerait une pression voisine de celle de l'atmosphère, traverserait le carburateur à une vitesse constante. Le titre de carburation ne varierait donc pas si on maintenait invariable la hauteur de barbotage (emploi d'un flotteur); il serait plus difficile d'assurer la constance des températures de l'air d'arrivée et du chloroforme; pratiquement des solutions approchées suffiraient.

Avec l'éther très volatil puisqu'il bout à 34°5, un

carburateur à l'échappement donnerait satisfaction et l'appareil qui aurait une section invariable, de façon à avoir constante une surface d'évaporation, serait plus simple que le carburateur à barbotage.

Dans les deux cas, en agissant sur des produits purs, on n'aurait pas à tenir compte du changement de composition des liquides anesthésiques et du départ des produits les plus volatils.

D'autres solutions seraient les suivantes : en faisant fonctionner le Trébuchet à des pressions élevées, on pourrait utiliser la force vive de l'air s'échappant du réservoir *R* pour provoquer un appel de chloroforme, l'ensemble de l'appareil fonctionnant comme un éjecteur ; c'est ainsi que l'on a déjà utilisé la force vive de l'oxygène s'échappant d'une bouteille où le gaz est comprimé à 150 kilogrammes par centimètre carré. Plus simplement, un robinet à pointeau laisserait couler goutte à goutte le liquide anesthésique dans le courant d'air ; on emploierait alors une forme du carburateur à giclage.

b) *Réglage*. — Un dispositif de réglage devrait permettre de faire varier les proportions du mélange vapeurs anesthésiques et air, de façon à commencer par les mélanges d'abord pauvres, puis lentement enrichis en anesthésiques, pour revenir par une diminution de richesse à la ration d'entretien dès que la première période d'anesthésie serait atteinte. C'est ainsi que dans les appareils existants on arrive peu à peu à faire respirer au patient un mélange de 10 grammes de chloroforme pour 100 litres d'air ;

puis après avoir obtenu la résolution complète, on revient au mélange de 8 et même 6 grammes de chloroforme pour 100 litres d'air si l'opération doit durer longtemps.

Le réglage se ferait de deux façons, soit en agissant sur le chloroforme sans toucher à la quantité d'air et cela se ferait par un robinet à pointeau, soit en agissant sur la quantité d'air. Ce dernier mode de réglage par l'air serait plus simple et n'exigerait pas un robinet à liquide, de construction toujours difficile si l'on veut arriver à une sensibilité de réglage très grande.

Le deuxième procédé de réglage par l'air s'effectuerait ainsi : du réservoir *R* partirait un tube N° 1 allant au carburateur et de là au masque. Ce tube fonctionnant toujours sous les mêmes conditions de pressions et de vitesses d'air, amènerait au masque une quantité constante d'air, 2 litres par exemple et le titre en chloroforme de cet air serait également constant [puisqu'on ne toucherait jamais à l'ensemble réglé une fois pour toute. Du réservoir *R* et allant directement au masque partirait un tube N° 2 chargé d'amener l'air pur et c'est sur cet air que se ferait le réglage par un mesureur de débit gradué de 0 à 20 litres par minute. Tel serait le schéma de l'appareil qui devrait aussi prévoir la continuité de la variation de titre du mélange offert au malade ; cela s'obtiendrait par quelques détails de construction.

Au trébuchet compresseur qui envoie le mélange anesthésique au masque, on pourrait joindre le tré-

buchet aspirateur qui enlèverait du masque l'excès du mélange et des gaz d'expiration du malade; ce dernier serait donc placé en dérivation sur un circuit constamment parcouru par le mélange anesthésique.

### 3° Appareils pour le protoxyde d'azote. —

Ce gaz permet d'obtenir une anesthésie générale « parfaite, presque idéale en ce sens que les appareils de la vie végétative conservent leur intégrité fonctionnelle et que le retour à la vie normale se fait plus rapidement qu'avec aucun autre anesthésique ». Mais son emploi exige des appareils compliqués; Paul Bert a montré qu'il fallait faire respirer le malade dans une atmosphère ayant une pression dépassant de  $\frac{1}{5}$  celle de l'atmosphère normale et composé de 5 volumes de protoxyde pour 1 volume d'oxygène. Dans ces conditions, on peut effectuer de longues opérations sans avoir à redouter des phénomènes d'asphyxie. L'inconvénient de la méthode est d'exiger la construction d'une chambre opératoire étanche destinée à créer la suppression nécessaire à l'emploi du protoxyde d'azote. On tournerait la difficulté en employant l'appareil du Dr Brauer qui, voulant éviter le pneumothorax par l'ouverture de la plèvre, place la tête du malade dans une cage en verre où l'on réalise une surpression; dans cette cage en verre renforcée pour la circonstance, le Trébuchet enverrait protoxyde et oxygène, dans des proportions et aux pressions convenables.

Plus tard, Paul Bert lui-même et d'autres, Aubeau, Neudörfer, ont cherché à supprimer la complication entraînée par la surpression et ont essayé d'arriver à l'anesthésie en utilisant des mélanges à la pression ordinaire, en employant 20 volumes d'oxygène pour 80 volumes de protoxyde. Ici encore, le Trébuchet permettrait de déplacer les volumes voulus de gaz, de façon à ce que le réservoir *R* contienne le mélange ayant les proportions demandées.

Un des inconvénients du protoxyde d'azote est d'être livré par le commerce à l'état de liquide enfermé dans des bouteilles où règne une pression de 70 atmosphères; ces récipients doivent être contenus dans un mélange réfrigérant afin d'éviter les explosions. On éviterait cet inconvénient en effectuant sur place les déplacements de protoxyde d'azote et d'oxygène; pour cela on partirait des éléments générateurs, c'est-à-dire de l'azotate d'ammonium pour l'un et du chlorate de potassium mélangé à de l'oxyde brun de manganèse pour l'autre; c'est ce que l'on fait en somme dans les laboratoires où l'on veut recueillir de grandes quantités de gaz et où les déplacements de fluide gazeux ont lieu sous l'action de l'eau. Avec le Trébuchet c'est encore l'eau qui chasserait le gaz, mais ici l'appareil serait aussi un compteur de gaz et permettrait l'envoi au réservoir *R* de quantités en proportions bien définies des divers éléments gazeux.

C'est encore comme pompe à déplacer les gaz que serait employé le Trébuchet compresseur, si l'on vou-

lait obtenir des mélanges de gaz ou de vapeurs anesthésiques ; on réaliserait ainsi les associations préconisées d'éther et de protoxyde d'azote ou d'éther et de chloroforme ou d'alcool méthylique et de chloroforme.

En résumé, au point de vue maniement des anesthésiques, le Trébuchet ne correspondrait pas à un appareil portatif car il exigerait la présence d'un réservoir. Mais il pourrait rendre des services si on l'employait à poste fixe ; son but serait de maintenir sous pression sensiblement constante un réservoir *R* d'où partiraient les tuyaux utilisateurs des mélanges titrés anesthésiques.



## CHAPITRE IV

### UTILISATION THÉRAPEUTIQUE DES GAZ ET DES VAPEURS

---

#### § 1. — Emplois médicaux et chirurgicaux des gaz et des vapeurs

---

L'historique de l'emploi thérapeutique des gaz et des vapeurs exigerait une étude importante, remontant très haut dans les annales médicales ; sans aller trop loin, nous pouvons noter que, après l'étude de l'oxygène faite par Lavoisier, des essais relativement infructueux furent immédiatement tentés pour employer l'oxygène au traitement de diverses affections. L'historique devrait aussi porter sur toutes les branches de l'art médical, depuis les applications générales traitant la tuberculose par exemple, jusqu'aux emplois particuliers trouvés en ophtalmologie, où on utilise les collyres gazeux fournis par l'ammoniaque, le baume de floravanti et en otologie, où on a recours à des fumigations de vapeurs médicamenteuses de menthol, de benjoin envoyées dans l'oreille moyenne.

Il semble que l'on se soit surtout adressé à l'oxygène em-

ployé pur ou dilué (air atmosphérique) ou condensé (ozone).

**1° Air.** — L'air filtré ou stérilisé a été employé sous forme d'injection dans la tunique vaginale pour traiter l'hydrocèle, dans le péritoine pour traiter la péritonite tuberculeuse avec épanchement, à l'intérieur de la vessie pour enrayer les inflammations tuberculeuses et dans le tissu cellulaire sous-cutané pour soulager les névralgies ; ce traitement paraît avoir une action efficace sur les affections tuberculeuses des séreuses. Contre les épanchements pleuraux, des injections d'air assurent l'évacuation complète du liquide et dans ce cas on voit que l'air introduit dans la plèvre se modifie et finit par être résorbé. On a utilisé des injections d'air dans le pneumothorax, le pyopneumothorax et elles ont été recommandées contre l'occlusion intestinale.

Pour le traitement local de la diphtérie, M. Rendu a obtenu de bons résultats en faisant inhaler de l'air chaud et sec, les séances d'inhalation durant deux minutes à 100 degrés et trente minutes à 60 degrés. M. Rendu a attribué l'efficacité des inhalations à l'action bactéricide de l'air chaud ou à l'atténuation de virulence des microbes ; il a constaté, en effet, que le chauffage à 60 degrés durant cinq minutes suffisait à tuer les bacilles diphtériques.

L'air chaud, fourni par l'appareil électrique aéro-thermogénérateur transportable Dieulafoy, a été employé avec succès contre la gangrène des membres, les névralgies (sciatique), les douleurs rhumatismales, les contractures.

En chirurgie de guerre, l'air chaud dont les qualités avaient été vantées par le professeur Ollier, a eu ses propriétés utilisées ; il a donné de bons résultats dans le traitement des plaies infectieuses suppurantes dues à des éclats d'obus ou

à des balles de shrapnell ; au-dessous de 70 degrés, il agit en massant les tissus, déshydratant les plaies, excitant les vaso-dilatateurs et aussi par son action antiseptique.

**2° Oxygène.** — L'emploi de l'oxygène s'est très répandu durant ces dernières années ; le gaz est livré contenu à l'intérieur de bouteilles, où il est comprimé à 150 kilogrammes par centimètre carré, ou dans de simples ballons en caoutchouc. Il s'obtient à l'état naissant par dissolution de l'oxy-lithe dans l'eau.

Des piqûres d'oxygène ont assuré la guérison presque instantanée des furoncles, des anthrax. Avec des injections d'oxygène, on a eu d'excellents résultats dans la gangrène gazeuse, les hydarthroses et les hémarthroses où on a ponctionné l'articulation et évacué le plus de liquide possible. On a utilisé aussi les insufflations d'oxygène dans les péritonites, les pleurésies, la tuberculose (pneumothorax artificiel). Des inhalations d'oxygène pur ont été employées pour atténuer l'asphyxie et l'intoxication par l'oxyde de carbone, mais A. Richard fait remarquer que l'air produit les mêmes résultats ; ces inhalations d'oxygène n'ont donné aucun succès au point de vue augmentation des oxydations organiques dans les cas de diabète, d'obésité.

L'oxygène détruit les cultures de microbes anaérobies et a une action désodorisante, bactéricide, surtout pour les streptocoques, propriétés que l'on peut employer dans les maladies infectieuses. L'oxygène agit sur les processus suppuratifs et la chirurgie de guerre l'a employé avec succès ; c'est ainsi que H.-L. Reverchon et E. Vaucher ont réalisé la stérilisation précoce des plaies de guerre par l'oxygène chaud qui donne de meilleurs résultats que l'air chaud.

Enfin, l'oxygène s'échappant de sa bouteille où il est sous forte pression a été employé à l'inhalation de médicaments entraînés par le courant; ce procédé appliqué à la chloroformisation a donné de bons résultats chez des malades affaiblis ou cardiaques (Roth, Drøger, Guglielminetti).

**3° Ozone.** — L'emploi de ce gaz repose sur ses propriétés oxydantes et antiseptiques; de petits générateurs électriques fournissent très facilement de l'ozone obtenu en soumettant de l'oxygène pur et sec à des effluves électriques. On a pensé à l'ozone pour purifier les atmosphères confinées, les désodoriser et les rendre impropres au développement des bacilles en réoxydant l'air. En hygiène, de nombreux appareils utilisent l'ozone pour stériliser l'eau; le plus dangereux des microbes de l'eau, le bactérium coli, est détruit par l'ozone.

En thérapeutique, on a employé l'ozone dans le traitement de la coqueluche, de l'asthme, des laryngites et de la tuberculose. A cause de ses propriétés oxydantes on l'a préconisé dans la goutte, le diabète, le rhumatisme et même l'anémie.

**4° Gaz divers.** — Les différents gaz rencontrés en chimie sont peu utilisés en thérapeutique. L'emploi des gaz est surtout limité par leur transport et leur maniabilité difficiles. Le plus souvent, on en tire parti sous la forme spéciale de composés liquides ou solides qui, se décomposant plus ou moins lentement, dégagent de faibles quantités de gaz; ainsi, les hypochlorites antiseptiques fournissent par décomposition du chlore et de l'oxygène, tandis que les bisulfites ou hyposulfites donnent de l'acide sulfureux. Parfois, on utilise les solutions des gaz dans l'eau (solution ammoniacale). D'autres fois, on escompte la production de gaz résultant

d'une action physiologique sur un médicament solide ou liquide ; par exemple, le soufre sur la peau donne de l'acide sulfhydrique résultant de l'action de ce métalloïde sur les matières grasses cutanées.

En somme, sauf l'oxygène, l'ozone, les autres gaz sont rarement employés en thérapeutique et cela tient à leurs propriétés physiques qui les rend peu maniables ; à ce dernier point de vue le Trébuchet hydraulique faciliterait leur emploi.

**5° Vapeurs.** — Les vapeurs dégagées par les solides et les liquides sont plus employées, car elles viennent de corps facilement maniables. Par exemple les fumigations, les inhalations utilisent les vapeurs d'un grand nombre de liquides médicamenteux tels que teinture d'encalyptus, essence de térébenthine, créosote, etc. Les vapeurs de mercure sont employées dans le traitement par les frictions d'onguent napolitain, soit que ces vapeurs traversent la peau, soit qu'elles soient absorbées par la voie pulmonaire.

En passant, rappelons l'utilité des vapeurs anesthésiques, éther, chloroforme... etc. Parmi les corps solides susceptibles de dégager facilement des vapeurs, l'iode semble plus particulièrement avoir été employé. Les vapeurs d'iode ont été préconisées dans le traitement des otites chroniques, de la sclérose auriculaire, des tuberculoses locales et aussi en gynécologie et en oto-rhino-laryngologie. Le docteur Louge utilise les vapeurs d'iode obtenues par l'inflammation d'un tampon de coton plongé dans la poudre d'iodoforme ; les furoncles, abcès, plaies infectées sont améliorés par ce régime. Le Dr Louge utilisant la densité des vapeurs d'iode en charge des seringues et les injecte dans les cavités mala-

des. Le D<sup>r</sup> Fornarier dans sa thèse, donne comme indications de l'enfumage iodé toutes les cystites aiguës et particulièrement les cystites tuberculeuses ; la vessie étant évacuée, on y envoie par une seringue les vapeurs d'iode obtenues en décomposant par la chaleur une faible quantité d'iodoforme. Toutes ces applications font surtout appel aux propriétés antiseptiques de l'iode.

6° **Emanation de radium.** — Cette émanation se conduit comme un gaz lourd qui se dissout dans l'eau, s'injecte sous les tissus ; l'émanation peut être ingérée en solution, ou aspirée, mélangée à l'air. W. Ramsay a montré que l'émanation de radium donne naissance à des gaz rares tels que l'hélium obtenu en laissant l'émanation au repos ou tels que le néon donné par la dissolution de l'émanation dans l'eau.

Les émanations ont la propriété du radium, c'est-à-dire qu'elles activent les phénomènes vitaux cellulaires, modifient les tissus en ayant même une action destructive si l'emploi est prolongé. Il est à remarquer que « des éléments cellulaires anormaux et certains microbes sont plus sensibles à l'action nocive du radium que les cellules normales du corps humain ». Comme le radium, les émanations sont employées comme modérateur de l'inflammation, de la douleur, des hémorragies ; elles assurent la régression de certaines tumeurs et la réparation des tissus, en favorisant le développement des cellules normales. Pour ne pas dépasser l'action thérapeutique et atteindre les actions destructives, un dosage est nécessaire.

## § 2. — Absorption des gaz. Echanges gazeux.

1° Absorption par la muqueuse pulmonaire. — Dans les poumons, les échanges gazeux entre le sang et l'air se font à travers l'épithélium des alvéoles et la paroi des capillaires ; ce phénomène trouve son expression simplifiée chez la grenouille où le sang circule à la périphérie d'un sac plein d'air. On est en présence d'un cas de diffusion des gaz à travers une membrane ; on assimile la surface pulmonaire à une membrane liquide et pour étudier le mécanisme de la diffusion à travers l'épithélium pulmonaire, on invoque la loi d'Exner disant que « la quantité de gaz qui traverse une membrane liquide est sensiblement proportionnelle au coefficient de solubilité du gaz dans le liquide et en raison inverse de la racine carrée de la densité des gaz » ; on invoque aussi la loi de Wroblewski disant que « cette quantité est proportionnelle à la pression du gaz et à la racine carrée du temps que ce gaz a mis à se dissoudre » (*Physique biologique*, Weiss).

La muqueuse pulmonaire offrant une grande surface d'absorption, on a donc pensé à l'utiliser pour provoquer l'introduction de substances médicamenteuses, car les gaz sont certainement absorbés ainsi que les vapeurs (mercure) ; l'absorption des gaz par le poumon est suffisamment démontrée par les accidents d'intoxication dus à l'oxyde de carbone, au gaz d'éclairage. Mais une question très discutée est celle de savoir si les particules d'un liquide finement pulvérisé peuvent pénétrer comme les gaz jusqu'aux fines ramifications bronchiques et si par conséquent les inhala-

tions donnent tout ce que l'on attend d'elles. Cette pénétration intra-alvéolaire a été très controversée, mais elle paraît s'effectuer réellement d'après les travaux de Lang, de Kuss.

Nous avons déjà cité des méthodes thérapeutiques où des affections pulmonaires étaient traitées par l'inspiration d'air réchauffé ou même refroidi ; ici encore, on a discuté pour savoir si l'air chaud ou froid gardait sa température en pénétrant dans les poumons.

On a également cherché à aider l'action thérapeutique de l'air pur ou chargé d'éléments médicamenteux en comprimant cet air.

Paul Bert, qui a étudié l'action de la pression, a montré que tous les mélanges atmosphériques sont équivalents à condition que la tension partielle de l'oxygène y soit la même ; ceci n'est qu'un cas particulier de la loi plus générale déjà vue aux mélanges titrés, disant que l'action des fluides volatils sur l'être vivant est réglée par leurs tensions partielles. Les accidents violents arrivent chez les animaux quand la pression partielle de l'oxygène dépasse trois atmosphères. Une remarque intéressante montre que dans le sang, si la plus grande partie de l'oxygène est fixé sur l'hémoglobine, une faible porportion d'oxygène est dissoute dans le plasma. La suppression, augmentant la quantité d'oxygène dissout, met en évidence l'importance de la solubilité de l'oxygène, des gaz dans le plasma ; on le voit dans les expériences de Holdane où des rats peuvent vivre dans un mélange d'oxygène et d'oxyde de carbone à parties égales, mais comprimé à deux atmosphères ; ces animaux utilisent alors l'oxygène dissout dans le plasma sanguin.

Paul Bert a également étudié l'action des faibles pressions

sur la respiration et sur la dissociation de la combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine. Cette dissociation qui se produirait pour une pression d'oxygène voisine de 30 à 40 centimètres, correspondrait à une altération du sang. Tissot a également étudié la respiration de l'air pauvre en oxygène ; la respiration d'un air de plus en plus désoxygéné exige un accroissement de ventilation pulmonaire et une augmentation de la vitesse de circulation du sang. Néanmoins, malgré ces réactions de défense, il y a déficit d'oxygène lorsque la proportion d'oxygène dans l'air est inférieure à 8 o/o.

Toutes ces considérations sur l'influence des tensions partielles de l'oxygène, sur la solubilité de ce gaz dans le plasma sanguin et sur la combinaison de ce gaz avec l'hémoglobine, peuvent guider les recherches à faire sur l'absorption des différents gaz par la muqueuse pulmonaire. L'étude a été faite en particulier pour l'oxyde de carbone ; ce dernier gaz, qui donne également des combinaisons avec l'hémoglobine, a permis de réaliser des expériences montrant le passage de l'oxyde de carbone de la mère au fœtus et mettant en évidence l'action du plasma seul, jouant le rôle de convoyeur.

L'absorption des gaz par la surface pulmonaire se simplifie lorsqu'on a affaire à des gaz inertes, tels que l'azote qui ne donne pas avec l'hémoglobine des combinaisons analogues à celles obtenues avec des gaz actifs comme l'oxygène, l'oxyde de carbone.

En résumé, la surface pulmonaire très étendue, très vasculaire, semble permettre l'absorption rapide de gaz, de vapeurs, de liquides et même de particules solides finement pulvérisées.

sées ; d'où l'emploi de fumigations sèches, humides et d'inhalations de vapeurs.

2° **Absorption par la peau**; — De la respiration pulmonaire, on peut passer à la respiration trachéenne des insectes, à la respiration branchéale des poissons et arriver à la respiration cutanée qui est commune à tous les animaux et existe même seule chez les protozoaires.

A la surface cutanée de l'homme, il se fait une respiration rudimentaire et lente analogue à la respiration pulmonaire, c'est-à-dire avec exhalation d'acide carbonique et absorption d'oxygène. Des expériences physiologiques montrent l'absorption de l'oxygène par le bras plongé dans une cloche pleine de ce gaz; elles montrent également que la mort est amenée par la suppression de l'exhalation d'acide carbonique. La quantité d'acide carbonique exhalée par la peau serait égale à  $\frac{1}{38}$  de celle exhalée par le poumon. On pense que les glandes sudoripares sont le siège de cette respiration atténuée. En somme, la respiration cutanée semble indispensable à la vie (vernissage, brûlures). Elle est en tout cas importante et joue un rôle dans la respiration générale. Chez la grenouille la respiration des tissus peut même être entretenue uniquement par la respiration cutanée.

La peau semble être peu favorable à l'absorption des médicaments liquides et solides.

L'absorption de l'eau par la peau intacte a été reconnue, mais on ne peut affirmer que les éléments dissouts dans l'eau passent à travers l'épiderme intact.

Les substances liquides pénètrent dans le corps à la faveur des discontinuités de la peau lorsque, par exemple, les vaisseaux sanguins ou lymphatiques sont mis à nu. Bien

que des pressions prolongées arrivent à introduire dans la peau, puis dans le sang, de petites particules (Plomb par exemple), on explique l'emploi de médicaments solides pommades, onguents par le dégagement de vapeurs qui sont absorbées par la peau.

Si le passage à travers la peau saine est discuté pour les solides et les liquides, il semble établi nettement pour les gaz et les vapeurs. Cette absorption à travers la peau de substances médicamenteuses volatiles peut donc correspondre à une méthode thérapeutique.

A la surface de la peau, les échanges gazeux se font, d'après des lois mal connues ; avec les phénomènes de dissolution faisant intervenir la solubilité des gaz dans les liquides, on invoque de plus les lois de la diffusion ou mieux de l'effusion disant que, à travers une cloison poreuse, les vitesses des gaz sont en raison inverse de leur densité ; on fait remarquer que la diffusion n'exige pas une surpression du gaz agissant. Mais la pénétration des gaz se faisant sur la peau à travers des couches organisées et vivantes, le phénomène est très complexe, rendu plus compliqué encore par la richesse plus ou moins grande de la région en vaisseaux sanguins ou lymphatiques. En tout cas, l'obstacle de la peau une fois franchi, l'élément volatil introduit agit rapidement et ne met que vingt-trois secondes pour parcourir le circuit sanguin. Si l'on ne connaît pas très bien les lois qui, à travers la peau, président au passage dans le sang des gaz et des principes volatils, on ignore également les voies suivies par la diffusion, cellules épidermiques, glandes sudoripares ou sébacées. « Suivant Winternitz, l'épithélium des espaces capillaires, des culs-de-sac pileux ou glandulaires absorbe mieux que l'épiderme » (Manquat).

Quelle que soit la complication des lois de l'absorption à travers la peau des gaz et des éléments volatils, le passage dans le corps de ces éléments ne fait aucun doute. L'expérience est bien connue qui fait mourir un animal en le plongeant dans une atmosphère saturée d'acide sulhydrique, tout en maintenant en dehors la tête de l'animal, c'est-à-dire en empêchant l'arrivée du gaz nocif aux poumons ; Lebkuchner a constaté que le tissu sous-cutané d'un lapin tué de cette façon, donnait avec les sels de plomb la coloration noire caractéristique de l'acide sulhydrique. L'absorption des corps volatils est réalisée dans de bonnes conditions, surtout par les corps qui ont à température ordinaire une certaine tension de vapeur avec un point d'ébullition élevé (Linossier et Lanois). On discute pour savoir si l'absorption du mercure incorporé à un corps gras répandu sur la peau est due au passage des vapeurs de mercure ou à leur absorption par les voies respiratoires ; on sait, en effet que, à toutes les températures, le mercure émet des vapeurs très diffusibles.

L'absorption des gaz dépend aussi de l'état de la peau ; les épidermes à mailles larges des individus blonds et lymphatiques.

On conçoit donc que des substances volatiles comme l'alcool, la benzine, l'éther, en dissolvant les graisses de la peau améliorent les conditions de passage. Nous ajouterons enfin que l'absorption est augmentée si l'on recouvre la surface d'absorption avec une enveloppe impénétrable.

En résumé, il semble que l'absorption par la peau des gaz et des vapeurs permet l'utilisation thérapeutique de ces éléments ; si les corps gazeux n'ont pas été plus employés ou étudiés davantage, cela tient sans doute à leur maniabilité

difficile et peut-être à l'absence d'appareils simples permettant l'usage pratique des gaz, des vapeurs. Le Trébuchet hydraulique apporte une solution. Mais malgré les certitudes d'absorption des éléments gazeux, on s'est demandé si les quantités absorbées étaient suffisantes pour correspondre à une action thérapeutique réelle; ici encore, le Trébuchet par son action continue et durable garantirait un certain degré d'efficacité.

3° **Respiration des tissus.** — Mieux que la peau, les muqueuses sont favorables aux échanges gazeux; nous avons vu l'intensité d'absorption de la muqueuse pulmonaire. La muqueuse intestinale perméable à l'acide sulfhydrique, aux vapeurs de chloroforme et les muqueuses oculaire, vaginale, utérine constituent un ensemble de surfaces où se font des échanges gazeux. Nous avons dit l'utilisation des vapeurs d'iode agissant sur la muqueuse vésicale.

Les tissus respirent eux aussi pour leur propre compte; ils absorbent de l'oxygène et rejettent de l'acide carbonique. Une expérience de Gréhaut montre qu'en présence de l'air, le sang respire peu; mais si au sang on ajoute un fragment de muscle frais, le liquide sanguin noircit et il y a production d'acide carbonique avec absorption de l'oxygène fourni par le sang. Une autre expérience montre qu'un muscle plongé dans l'acide carbonique voit son fonctionnement se ralentir momentanément.

Avec un morceau de foie mis dans un flacon contenant de l'azote, on voit la pression augmenter et l'on constate qu'il y a eu production d'acide carbonique sans que la quantité d'azote ait varié; ici, la résistance à l'asphyxie s'est faite par l'utilisation de l'oxygène dissout dans les éléments cellulaires, et aussi par une réaction secondaire qui est la production

d'alcool dans les cellules. Si l'expérience est arrêtée, on voit la réapparition de la respiration normale, c'est-à-dire absorption de l'oxygène de l'air et production d'acide carbonique, cela sans formation d'alcool, c'est-à-dire sans phénomènes de fermentation. Dans les plantes, on a pu étudier les échanges gazeux qui se font entre les cellules et les espaces aérifères qui les entourent et voir la circulation gazeuse due à la respiration de la cellule et aussi à l'action de la lumière solaire sur celle-ci. Le phénomène chlorophyllien étant négligé, on peut dire que les plantes respirent comme les animaux et qu'elles puisent l'oxygène dans l'air ou dans l'eau.

Une cellule animale isolée respire comme fait l'animal lui-même, en absorbant de l'oxygène et en exhalant de l'acide carbonique ; le protoplasma vivant est avide d'oxygène et forme avec ce gaz une combinaison génératrice de mouvement. Avec l'oxygène le protoplasma ne se brûle pas lui-même, mais la combustion s'effectue aux dépens des produits qui entourent la cellule. Les cellules prennent l'oxygène nécessaire, soit dans l'air atmosphérique, soit dans l'eau ou les liquides qui les baignent, et sont capables de grandes adaptations pour puiser et dégager de ses combinaisons l'oxygène indispensable. Les cellules anaérobies mourant au contact de l'air semblent faire exception, mais on peut l'expliquer en disant qu'elles déplacent des éléments voisins la quantité d'oxygène qui leur est nécessaire et alors l'exception est seulement apparente. L'asphyxie procédant par la privation d'oxygène entraîne d'abord la cessation des mouvements amiboïdes des leucocytes, puis la mort de ces cellules. L'action des gaz sur les cellules est très diverse : les gaz inertes, comme l'hydrogène, agissent sur les cellules en

les privant d'oxygène, c'est-à-dire en entraînant leur mort par asphyxie; d'autres gaz comme l'ozone, le chlore, sont plus actifs et agissent par destruction du protoplasma. Les amibes placées dans l'acide carbonique meurent. Les vapeurs de chloroforme, d'éther font disparaître les mouvements des corps cellulaires. Les conditions physiques interviennent dans ces échanges gazeux; la pression par exemple a une influence et dans certaines conditions de pression, l'oxygène agit comme un poison.

Dans la cellule, on a étudié la membrane qui l'entoure et le protoplasma formé de dissolutions de colloïdes. La physiologie de la matière vivante se réduit à la chimie physique des particules protoplasmiques.

Au point de vue des échanges gazeux, la membrane procède à une sorte de choix, d'élection et comme pour les solides, la cellule doit avoir de l'attraction pour certains gaz, de la répulsion pour d'autres. Ainsi que dans l'osmose, la membrane est inégalement perméable aux diverses substances. La vie cellulaire est surtout caractérisée par l'existence d'échanges effectués avec le milieu extérieur, échanges gazeux où l'oxygène a un rôle important. Les échanges gazeux sont compliqués de ce fait que les cellules baignent dans des atmosphères liquides, dans des humeurs communiquant entre elles et en rapport aussi avec le sang et la lymphe à travers les parois des petits vaisseaux. Le plasma sanguin circulant représente les  $\frac{4}{100}$  du poids du corps et la lymphe interstielle relativement immobile qui baigne toutes les cellules de l'organisme correspond à  $\frac{30}{100}$  ou  $\frac{40}{100}$  du poids

du corps. Quand on envisage l'action des gaz sur les cellules, il faut donc tenir compte de l'intermédiaire le plus souvent obligé que représente la lymphe interstitielle et l'on doit dès lors examiner la solubilité des gaz dans les liquides de l'organisme ; mais ici la dissolution des gaz est un phénomène complexe, participant de la dissolution simple régie par les lois de Dalton et aussi de la combinaison chimique effectuée par le gaz, soit avec les éléments de la lymphe, soit avec la matière cellulaire, ainsi que le font l'oxygène et l'oxyde de carbone qui se fixent sur l'hémoglobine des globules rouges. Dans quelques cas, les cellules de l'organisme peuvent puiser directement dans l'atmosphère gazeuse qui leur est offerte ; elles agissent alors comme les productions osmotiques de Leduc qui dans leur partie aérienne évaporent leur eau, leurs parties volatiles et absorbent, dissolvent en même temps les gaz de l'atmosphère. Le plus souvent, les cellules ont à extraire les gaz dissous dans l'atmosphère liquide qui les baignent. De même que les solides sont solubilisés par les cellules, les gaz, les vapeurs, les fines particules apportées à la lymphe interstitielle doivent subir des transformations durant leur absorption et être l'objet de phénomènes d'oxydation, d'hydratation. Dans toutes ces actions, interviennent les substances activantes de la respiration élémentaire des tissus, telles que la pnéine et les agents catalytiques ; c'est ainsi que l'on explique l'utilisation et la fixation de l'oxygène libre ou moléculaire sur la matière organique par la présence d'oxydases ; grâce à ces oxydases, l'oxygène qui n'est pas assez actif pour se combiner à température ordinaire, arrive à oxyder, à brûler certaines substances organiques. Tout ceci est relatif à l'oxygène. Au point de

vue action des gaz, des vapeurs en généralisant la définition de la combustion précédemment envisagée avec l'oxygène, en l'étendant à toute combinaison chimique, on voit l'importance que peuvent prendre les catalyseurs artificiels (cuivre, nickel, manganèse), agissant à côté des catalyseurs naturels représentés par les particules protoplasmiques.

### § 3. — Avantages thérapeutiques du Trébuchet

1° **Continuité d'action.** — Le Trébuchet et les appareils similaires permettent une action continue, obtenue par un afflux constant du médicament gazeux sur la région malade. Examinons l'avantage de cette continuité et pour cela disons quelques mots du renouvellement des pansements. Les pansements antiseptiques et aseptiques valent surtout par la barrière qu'ils créent contre toute invasion, toute infection venue du dehors ; le plus souvent le rôle passif de protection l'emporte sur le rôle actif joué par le médicament et le renouvellement du pansement est à décider avec prudence. La thérapeutique semble être surtout défensive et il vaut mieux laisser aux cellules le soin de mener à bien la restauration des tissus, que d'intervenir trop souvent en changeant le pansement ; on peut redouter ce renouvellement, non pas tant à cause de l'inefficacité relative des médicaments et des occasions ainsi créées d'ouvrir la porte à l'infection, que pour les perturbations

apportées aux conditions où l'organisme a amené les régions malades. Le médicament longtemps en contact avec les tissus subit des transformations, épuise ses effets et gêne parfois l'issue des sécrétions résultant de l'action défensive de l'organisme. Le renouvellement du médicament apporte une perturbation profonde dans les équilibres successifs qui se sont établis dans la zone d'action médicamenteuse ; cela est surtout vrai pour les pommades, les onguents. On voit donc l'avantage donné par une action continue et renouvelée des agents thérapeutiques. L'emploi des liquides apporte une solution au problème de la continuité d'action ; cette solution est utilisée dans le traitement des brûlures, des plaies articulaires infectées. L'irrigation continue est aussi préconisée dans la lutte contre l'infection puerpérale, où on prolonge pendant des heures, des jours l'injection intra-utérine. Mais l'afflux constant de liquide exige des dispositifs spéciaux, compliqués souvent et impose au malade une sujétion de chaque instant. Même les lavages, injections discontinues, pratiqués à intervalles rapprochés créent une gêne sérieuse et malgré toutes les précautions prises, l'emploi des liquides a des inconvénients qui troublent l'installation matérielle du malade. Blessé par éclats d'obus, j'ai pu éprouver tous les ennuis qu'apportent des injections de solution de Dakin faites toutes les heures.

Avec les gaz, les vapeurs, ces inconvénients disparaissent et le malade peut supporter longtemps leur

action sans être gêné ; l'équilibre des échanges n'est plus brusquement détruit et cependant le renouvellement du médicament se fait régulièrement. Cela ne veut dire que les liquides puissent être complètement remplacés par les gaz et les vapeurs, car les fluides gazeux n'ont pas les actions mécaniques des liquides et ceux-ci seront toujours indiqués pour laver, déterger une plaie. Nous concluons donc en disant que, surtout au point de vue continuité d'action, les fluides gazeux peuvent compléter avantageusement les liquides.

**2° Emploi du Trébuchet aspirant.** — L'utilisation des gaz et des vapeurs pose tout de suite la question des embolies gazeuses. L'entrée de l'air dans les veines de la base du cou, du creux axillaire, est un accident bien connu, exceptionnel aujourd'hui ; l'aspiration de l'air dans les veines est suivie de syncope et de mort avec distension du cœur droit. La mort s'explique aussi par l'introduction dans le courant sanguin de résistances considérables qui s'opposent à la circulation. On a invoqué l'embolie gazeuse pour expliquer les accidents mortels rencontrés dans le traitement des métrites par l'oxygène ; c'est encore le même accident qui peut se produire lorsque avec les injections employées pour lutter contre l'infection puerpérale, l'endométrite, on envoie le liquide sous une trop forte pression par une canule contenant encore de l'air. Le poulx s'ar-

rête et la mort suit, due à une entrée d'air dans les veines.

Cependant des injections gazeuses ont été faites sans accident, dans le courant sanguin ; c'est ainsi que l'on a essayé des injections d'oxygène chez des aliénés ; on escomptait l'apport rapide de ce gaz aux centres cérébraux où il semblait agir de façon efficace. Dans les méningites, on a tenté des injections d'air par ponction lombaire. Bien entendu, quand on injecte des gaz dans les veines on emploie des débits minimes et de faibles vitesses ; on utilise alors des compteurs à gaz spéciaux pouvant faire des évaluations de l'ordre du centimètre cube à l'heure.

Le Trébuchet n'a rien de commun avec ces appareils utilisés rarement ; il met simplement en jeu des masses de fluides volatils qui agissent par leur contact au niveau des parties malades, devenues le siège d'échanges gazeux. Mais toutes les fois que dans l'emploi des gaz, des vapeurs, on devra intervenir sur une région, dans une cavité, où l'on aura à redouter l'embolie gazeuse, il sera nécessaire d'employer le Trébuchet aspirant. Ce dernier en créant une dépression assure le mouvement du fluide gazeux et tout en permettant l'apport constant du médicament volatil s'oppose à toute introduction d'air dans les vaisseaux. Cette dépression favorise même la sortie des sécrétions gazeuses et ainsi augmente l'action du drainage

3° **Emploi des gaz et des vapeurs.** — Les

échanges gazeux sont beaucoup plus importants à la surface des poumons qu'au niveau de la peau où les cellules sont plus ou moins kératinisées ; néanmoins, nous avons vu que des échanges gazeux se font à la surface cutanée et des muqueuses. Ces dernières voies peuvent donc être employées à la pénétration des médicaments et bien qu'il y ait discussion sur la grandeur de l'absorption, il est certain que seul le Trébuchet ou les appareils similaires permettront, par leur afflux constant de fluides volatils, l'utilisation thérapeutique de ces derniers.

Après avoir étudié le Trébuchet, il faudrait passer en revue tous les gaz et toutes les vapeurs susceptibles de recevoir une application ; cela nous entraînerait trop loin et nous nous bornerons à quelques brèves considérations. Précédemment, nous avons parlé des propriétés de l'oxygène, de l'ozone, de l'acide sulfhydrique, etc. Ajoutons que les gaz semblent utilisables surtout comme antiseptiques.

Les liquides apportent avec leurs vapeurs des possibilités d'emploi beaucoup plus étendues. La chimie offre de nombreux exemples de liquides dégageant facilement des vapeurs, depuis le brôme, le mercure, le nitrite d'amyle, jusqu'au brômoforme, l'iodure d'éthyle, le naphthol camphré, la créosote, l'aniline, le salicylate de méthyle, la benzine, beaucoup d'alcools... etc. Des caustiques très nombreux sont fournis par les vapeurs d'ammoniaque et des acides chlorhydriques, azotique... etc.

Les alcaloïdes étant le plus souvent solides et peu

volatils sont difficilement utilisables dans le mode d'absorption que nous envisageons ; cependant, on cite comme étant liquides et volatils les alcaloïdes suivants : cicutine, nicotine, spartéine, pilocarpine.

Enfin des solides tels que l'iode, le camphre, le menthol... etc., se volatilisent à température ordinaire. D'autres comme le gaïacol, fondant à 28 degrés, fournissent facilement des vapeurs absorbables par la peau et les muqueuses ; de même, l'hydrate de chloral volatil à température normale... etc.

On pourrait enfin utiliser les dissolutions de certains éléments dans l'eau, l'alcool, le sulfure de carbone, la vaseline... etc., ou engager le corps à utiliser dans des combinaisons donnant un composé liquide ou déliquescent.

**4° Emploi des gaz et des vapeurs au point de vue antiseptique.** — Ici, le nombre de gaz utilisables est beaucoup plus grand. Nous pouvons citer le chlore avide d'hydrogène et qui met l'oxygène en liberté ; c'est ce gaz qui agit dans la solution de Dakin à base d'hypochlorite de soude ; le chlore, par son action violente sur la matière organique qu'il détruit, n'est pas employé directement ; mais le Trébuchet, autorisant une dilution extrême du chlore, devrait par son action continue compenser la faible teneur en chlore de la solution gazeuse et permettre son utilisation. Dakin met en tête l'action germicide de l'hypochlorite de soude, en la comparant à celle obtenue en présence du sérum sanguin par les autres

antiseptiques phénol, eau oxygénée, iode. On voit donc l'intérêt qui s'attache à la possibilité d'utilisation directe du chlore gazeux humide.

Rappelons en passant la valeur antiseptique de l'oxygène qui s'oppose à la vie de toute une famille de ferments ; l'utilisation de l'ozone qui tue les bacilles typhiques à la dose de 6 milligrammes d'ozone par litre d'air humide ; l'emploi de l'acide sulfureux qui tue le bacille pesteux... etc.

Les vapeurs permettent de trouver de nombreux germicides ; par exemple le brôme qui est un antiseptique de tout premier ordre, mais difficilement maniable ; avec le Trébuchet, les vapeurs de brôme deviennent utilisables à condition de les diluer. Tout ce qu'on a dit à propos de la dilution du chlore, s'applique au brôme. Citons la benzine faiblement antiseptique ; les vapeurs d'acide fluorhydrique douées d'une action antimicrobienne sur le bacille de Koch ; l'acide phénique dont l'action a été si bien réglée ; les vapeurs d'aldéhyde formique et toutes les essences antiseptiques topiques faibles, telles que l'essence de térébentine, l'essence de cannelle qui émettent des vapeurs actives.

Parmi les solides fournissant des vapeurs antiseptiques, nous retrouvons l'iode, le camphre, le menthol.

L'application des gaz et des vapeurs, considérés comme antiseptiques, est liée à l'étude des causes favorisant l'activité microbienne. C'est à ce point de vue que l'on a étudié l'action du chlore sur les

bacilles tuberculeux dont la virulence est ainsi atténuée ; l'influence de l'hydrogène sur les bacilles de l'anthrax dont les spores ne se développent plus en présence de ce gaz. Pour l'air, Trillat a vu que des modifications très faibles dans sa composition avaient une grande importance au point de vue développement ultérieur des germes pathogènes ; en particulier, il a constaté que la vitalité des microbes était favorisée par la présence dans l'air de faibles doses d'émanations putrides. L'influence des gaz alcalins ou acides sur le développement des microbes se fait sentir ; également, interviennent les conditions physiques parmi lesquelles on cite la forte chaleur, le froid intense, la dessiccation qui arrêtent le développement des microbes. De cette étude *in vitro*, on ne doit pas cependant conclure ce que sera l'action réelle des gaz et des vapeurs agissant sur des microbes situés non en suspension dans l'eau, mais se développant à la surface d'une plaie et par suite en contact avec les liquides de l'organisme.

#### § 4. — Applications médicales et chirurgicales du Trébuchet

1° Applications générales. — On peut demander à l'apport continu du fluide gazeux, déplacé par le Trébuchet, de faire passer dans le corps du malade une certaine quantité de l'élément considéré pris à l'état de gaz, ou de vapeurs, ou même de particules

extrêmement fines ; ces particules, apportées par une masse de gaz neutre, sont incorporées grâce au travail de solubilisation qu'effectuent les cellules et les liquides interstitiels. L'absorption peut se faire au niveau d'une région malade et dans ce cas on se sert d'une coupelle recouvrant cette région ; cette coupelle doit être mise sur le courant gazeux qui arrive et repart ensuite sous l'action du Trébuchet aspirant ou refoulant. Si l'on vise à une absorption plus grande, on doit utiliser la surface totale du corps du malade, celui-ci étant mis dans un sac imperméable où arrive l'élément gazeux. De toute façon, on crée ainsi durant des heures, durant des jours, une atmosphère où les éléments de la peau, de la muqueuse procédant à des échanges gazeux, puisent des produits médicamenteux.

La respiration cellulaire de la peau fortement kératinisée étant relativement peu active, il faut prévoir la nécessité de lui faire subir quelques préparations préliminaires destinées à faciliter les échanges gazeux. Des bains spéciaux, l'enlèvement des graisses qui protègent la peau par des dissolvants appropriés, alcool, éther, peuvent amener les téguments à un degré maximum d'aptitude au point de vue absorption. Il y a des substances dont l'application sur la surface cutanée modifie celle-ci de façon à augmenter ses facultés de respiration ; c'est ainsi que l'on cite l'acide salicylique comme ayant une action particulière sur le tissu corné de l'épiderme, en modifiant les propriétés physico-chimiques du revê-

lement protecteur qui devient plus apte à l'absorption. On peut aussi augmenter l'adaptation de la peau aux échanges gazeux, en faisant travailler les muscles de la région considérée ou mieux encore en créant une congestion passagère de la région, ce qui favorise la circulation du sang, de la lymphe et provoque une aspiration des éléments médicamenteux. Enfin une légère compression du fluide gazeux aiderait au passage des gaz et des vapeurs.

Au paragraphe premier, nous avons dit de nombreuses applications des gaz et des vapeurs. Nous avons cité l'application de l'iode en oto-rhino-laryngologie, en gynécologie, en vénérologie ; sur les muqueuses intéressées, l'emploi des vapeurs d'iode peut permettre le passage du médicament.

L'utilisation des anesthésiques représente un côté très intéressant de l'absorption des fluides gazeux par la muqueuse pulmonaire ; cette dernière est encore utilisée dans les fumigations, les inhalations, lorsque par exemple dans le traitement de la gangrène pulmonaire ou de la bronchite fétide, on emploie de l'air saturé par des vapeurs d'essence de térébenthine.

Comme applications des fluides volatils, on peut préconiser l'absorption par la peau et les muqueuses des vapeurs des nitrites vasodilatateurs, d'aniline et de ses analogues antipyrétiques, de pilocarpine alcaloïde qui ralentit le cœur et active les sécrétions. Comme type de traitement général, on doit citer l'emploi des vapeurs de mercure si diffusibles et qui

peuvent être employées au traitement de la syphilis, par absorption directe. On peut effectuer le traitement ioduré complémentaire du mercure, par l'utilisation des vapeurs d'iodure d'éthyle, liquide très volatil et rapidement absorbé par la peau. A un type de traitement local obtenu par les fluides gazeux, correspond par exemple l'emploi des vapeurs de gaaïcol, comme analgésique dans les douleurs sciatiques, les névralgies diverses et aussi l'utilisation des vapeurs de salicylate de Méthyle dans le traitement des névralgies et des arthropathies du rhumatisme articulaire. Enfin, l'étude des vapeurs dégagées par les solides et des propriétés des fines particules en suspension dans un gaz neutre, peut développer encore le champ des applications des fluides gazeux.

**2° L'utilisation des fluides gazeux au point de vue antisepsie.** — a) L'antisepsie poursuit plus particulièrement la destruction des microbes qui sont à la surface des plaies. Les injections, les lavages, les pansements utilisent de nombreux liquides antiseptiques qui procèdent non seulement par leur action mécanique en détergeant les plaies, mais qui agissent aussi par leurs propriétés germicides. Le lavage superficiel n'entraîne pas tous les microbes et même un lavage qui pénètre dans toutes les anfractuosités peut être sans efficacité, car le liquide n'atteint pas toujours les germes situés le plus souvent à l'intérieur des épithélium ou des muqueuses ; c'est

ce qui arrive par exemple avec le gonocoque des urétrites et des métrites. Donc, indépendamment de la propriété germicide des liquides antiseptiques, se pose la question du pouvoir de pénétration : c'est ainsi que l'iode, excellent pour stériliser la peau a un faible pouvoir de pénétration, sans doute à cause des phénomènes de coagulation qui se passent à la surface des plaies. Avec les antiseptiques gazeux qui font intervenir les échanges gazeux et les respirations cellulaires, il semble bien que la pénétration s'effectuerait mieux par le fait de l'absorption des gaz ; les fluides volatils mettraient en action des forces chimico-physiologiques, alors que les liquides par leur miscibilité douteuse font surtout appel à des phénomènes chimico-physiques.

Un autre reproche adressé aux liquides antiseptiques est de ne pas pénétrer dans toutes les anfractuosités, ou bien d'y arriver mais en causant l'entraînement dans les parties profondes des éléments superficiels contaminés. Cet inconvénient serait moindre avec les antiseptiques gazeux dont une légère suppression assurerait mieux l'action ; cela est tellement vrai, que l'on attribue à l'eau oxygénée une réelle valeur non pas tant pour son action germicide proprement dite, que pour le dégagement d'oxygène qui pénètre dans les anfractuosités en les stérilisant.

b) Une condition importante de l'emploi des liquides dans les lavages des cavités est l'écoulement assuré de ce liquide et des sécrétions de l'organisme ; l'on

fait remarquer que la stagnation du liquide antiseptique est inutile si l'action germicide est faible ou bien toxique si elle est forte. Avec les antiseptiques gazeux qui arriveraient au niveau de la région malade, aspirés par le Trébuchet, l'écoulement des sécrétions serait assuré par le fonctionnement du Trébuchet aspirant non seulement le fluide gazeux médicamenteux, mais aussi les sécrétions liquides et gazeuses. Ainsi un contact permanent serait assuré dans de bonnes conditions entre l'antiseptique gazeux constamment renouvelé et la plaie. Des drains de sortie émergeraient de la partie profonde de la plaie, alors que des tubes analogues aux drains amèneraient le fluide gazeux au point voulu ; tous les déplacements se feraient par *aspiration* afin que soit permis l'écoulement des sécrétions, microbes et toxines, tout en mettant le malade à l'abri des embolies gazeuses. Ces possibilités d'action sur les parties profondes n'empêcheraient pas l'ouverture et le débridement large mettant à nu les anfractuosités, de même que *l'aspiration* faite par le Trébuchet pourrait aller avec des contre-ouvertures assurant mieux encore l'écoulement des sécrétions ; celles-ci se rassembleraient en un point formant réservoir ou seraient absorbées par une partie du pansement.

Après des opérations aseptiques, le pansement sec absorbant donne le plus souvent entière satisfaction et n'est renouvelé qu'un petit nombre de fois ; dans ce cas l'action du Trébuchet n'aurait pas d'avantage, si ce n'est de mieux assurer l'écoule-

ment des sécrétions. Au contraire, après les opérations septiques l'emploi de fluides gazeux germicides auraient des avantages déjà cités aux points de vue de l'arrivée de l'antiseptique dans toutes les anfractuosités et des facilités de drainage. En outre, les pansements pourraient être plus rarement renouvelés, ce qui éviterait toute discontinuité dans l'action du médicament. La méthode aseptique reproche aux antiseptiques d'être nuisibles aux microbes et aux cellules de l'organisme. Le renouvellement fréquent de l'agent antiseptique, en modifiant brusquement l'état d'équilibre auquel les cellules se sont adaptées et en apportant des causes d'infection, d'irritation dues à la mise en place d'un nouveau pansement, a un grave inconvénient qui serait atténué par l'emploi des antiseptiques gazeux *aspirés*. Cependant les fluides gazeux n'auront jamais l'action détergente des liquides qui seuls peuvent chasser les caillots, les débris. Donc, après cette action mécanique des liquides, devrait intervenir l'action physiologique des gaz et des vapeurs, améliorant par leur aspiration continue les conditions physiques du pansement.

c) Nous avons énuméré précédemment quelques antiseptiques gazeux ou vaporisés ; comme pour les liquides, il faudrait redouter leur toxicité et leur action destructive sur les cellules ; mais il semble que par la dilution du fluide gazeux médicamenteux, par la continuité de son action, on aurait moins à redouter ces inconvénients qu'avec les liquides ; ces

derniers, forcément en excès, agissent d'abord à dose massive sur les cellules, puis leur action s'atténue jusqu'à ce que brutalement une nouvelle quantité d'antiseptique soit imposée aux microbes et aussi aux cellules. Avec les gaz, il faudrait comme toujours distinguer l'action *in vitro* et *in vivo*. Peut-être la forme gazeuse faciliterait la destruction des microbes à texture adipo-cireuse comme celui de la tuberculose ; en effet, par leurs échanges gazeux, les gaz pourraient être absorbés par les cellules et les microbes de nature adipeuse, tandis qu'avec les liquides doivent intervenir des phénomènes de capillarité, de miscibilité plus défavorables à l'absorption.

Ces considérations n'empêcheraient pas d'agir par le pansement humide devant les accidents locaux tels que abcès, lymphangite, suppuration infiltrée ou en nappe ; l'apport permanent de fluide gazeux humide permettait d'entretenir une humidité bien-faisante et correspondrait à une pulvérisation continue.

On reproche aux antiseptiques d'être des poisons pour les cellules vivantes de l'organisme et Tuffier doute même de l'existence d'un composé chimique capable actuellement de stériliser une plaie suppurante. Mais si la méthode aseptique évite tout apport de germes extérieurs, on lui adresse la critique de ne rien faire contre les microbes qui ont déjà envahi les tissus et de compter simplement sur la phagocytose pour détruire ces microbes. Il serait donc intéressant

d'avoir un germicide, ne détruisant pas les cellules vivantes mais au contraire excitant leur vitalité et la prolifération des leucocytes éliminateurs des microbes ; à tous ces points de vue, on a vanté le bifluorure d'ammonium. L'emploi des fluides gazeux ouvrirait un nouveau champ à l'expérience en utilisant des associations qui non seulement augmenteraient le pouvoir germicide total de l'ensemble, mais permettraient l'intervention d'éléments gazeux stimulant les fonctions leucocytaires. Disons, à ce propos, que l'on a pu provoquer une leucocytose artificielle en employant des injections de teinture de myrrhe, d'huile camphrée, d'éther, de pilocarpine, de teinture d'iode, d'essence terpinée, ozonisée... etc. Les vapeurs de tous ces corps pourraient peut-être entrer en ligne pour stimuler la défense de l'organisme en favorisant la leucocytose locale ; celle-ci est supposée avoir une action efficace sur la guérison de l'infection en augmentant la tendance naturelle de l'organisme à se défendre.

En résumé, avec les fluides volatils, on réaliserait ce qui se fait avec les liquides à savoir l'antisepsie, l'asepsie même et la leucoprophylaxie locale. De plus, on utiliserait les propriétés des fluides gazeux qui sont d'agir de façon continue, de pénétrer dans les anfractuosités, à l'intérieur des muqueuses et de permettre par leur aspiration l'écoulement assuré des sécrétions.

d) Certaines de ces conditions intervenaient déjà dans l'ancienne méthode des pansements à découvert

où on laissait les plaies à l'air libre, en les protégeant des contacts extérieurs par une tarlatane ; on lavait seulement les plaies une ou deux fois par jour avec de l'eau phéniquée, lorsque l'évolution vers la guérison se faisait mal. Cette méthode reposait sur l'immobilité de la région blessée, l'écoulement assuré des sécrétions et enfin sur l'action de l'air extérieur qui, étant en contact direct avec la plaie, agissait par son oxygène sur les microbes de la putréfaction, de la septicémie et entraînait par son renouvellement les sécrétions gazeuses. Or, bien que dans l'atmosphère les germes soient relativement rares et surtout liés aux poussières, il est dangereux d'exposer une plaie à l'air libre, car l'accès des germes contenus dans l'atmosphère la plus pure reste possible. La pratique du pansement gazeux est donc fonction de l'existence d'un appareil tel que le trébuchet qui ferait arriver sur la plaie de l'air, des gaz, des vapeurs, rigoureusement purs au point de vue microbien et possédant en outre diverses propriétés utilisées dans chaque cas particulier. Ce mouvement de fluide gazeux se ferait à l'abri d'un pansement ordinaire (tarlatane, ouate) qui isolerait la plaie du milieu extérieur, exercerait une compression en régularisant la température de l'ensemble et absorberaient les sécrétions, à moins que par un dispositif spécial, celles-ci ne viennent se réunir en un réservoir spécial mis sur les tubes de drainage.

Ces pansements gazeux trouveraient de nombreuses applications dans le traitement des plaies de guerre

où les lavages, exécutés avec des liquides dont on escompterait surtout les effets mécaniques d'entraînement, seraient complétés par l'envoi continu de fluides gazeux qui auraient surtout une action physiologique. Dans l'érysipèle, le pansement gazeux fait avec un afflux d'oxygène permettrait de lutter contre le streptocoque et le Trébuchet aspirateur évacuerait en même temps les exsudats inflammatoires qui trouveraient une issue grâce aux incisions, aux scarifications. Dans l'anthrax diffus également dû au staphylocoque, l'arrivée continue d'air chargé d'antiseptiques sur la plaque rouge et douloureuse pourrait être employée avec succès ;

e) Mais le pansement gazeux, mis en action sous forme d'aspiration continue, semble particulièrement convenir pour lutter contre l'infection établie dans des cavités, comme l'utérus par exemple où la rétention favorise le développement microbien ; les métrites sont provoquées par le gonocoque de la blennorrhagie, microbe qui se localise sur l'épithélium cylindrique du corps utérin, des trompes et aussi par le streptocoque de l'infection puerpérale. Dans les métrites on a essayé du traitement par l'oxygène, mais il y a eu des accidents graves que l'on ne peut expliquer que par l'embolie gazeuse ; celle-ci ne pourrait pas se produire en utilisant l'oxygène ou d'autres gaz mis en mouvement par *aspiration* du Trébuchet.

L'infection puerpérale, due le plus souvent au streptocoque, serait une indication pour l'emploi du Trébuchet aspirateur de fluide gazeux antiseptique qui

interviendrait utilement dans la forme utérine avec endométrite. Après s'être assuré qu'il n'y a aucun produit de rétention dans la cavité utérine, il faudrait porter le fluide germicide au niveau de la plaie d'inoculation. Actuellement, on emploie des injections intra-utérines données avec des sondes particulières et qui amènent des liquides divers, solution iodo-iodurée de Tarnier, solution d'aniodol, solution de permanganate de potasse. On insiste sur la nécessité de chasser soigneusement l'air de la sonde qui doit être amorcée, cela pour éviter l'embolie gazeuse.

Dans les grandes infections à début précoce, Pinard et Varnier préconisent l'irrigation continue par une injection intra-utérine prolongée des heures et des jours ; l'opération se fait avec une solution faiblement antiseptique ou même avec de l'eau bouillie. Ce traitement est peu employé, sans doute à cause de la complication entraînée par la présence des liquides. Avec un fluide gazeux, cet inconvénient disparaît et dès lors on peut concevoir l'emploi plus général d'une irrigation continue gazeuse, faite par le Trébuchet aspirant qui mettrait l'utérus en dépression, tout en faisant profiter la muqueuse utérine des avantages de l'irrigation gazeuse, pénétration plus efficace de l'élément germicide, écoulement facile des sécrétions et absence de danger d'embolie. Fabre, de Lyon, préconise dans le traitement de l'infection puerpérale à forme utérine le mélange fourni par l'essence de térébenthine à la dose de 10 grammes par litre d'eau ; il serait facile, dans l'intervalle des

deux injections liquides intra-utérines journalières, de procéder à l'irrigation gazeuse continue faite avec de l'air faiblement chargé de vapeurs d'essence de térébenthine, le fluide gazeux étant chaud ce qui augmenterait sa vertu germicide ; les injections liquides données d'ailleurs à long intervalle assureraient une action mécanique d'entraînement, alors que l'irrigation gazeuse aurait une action physiologique efficace, tout en permettant l'écoulement des sécrétions. Ce procédé serait complété par le traitement général.

**3° Utilisation des fluides gazeux au point de vue affections de la peau.** — Les maladies de la peau résultant de troubles trophiques d'origine interne dus à des poisons, à des infections, constituent les dermatoses endogènes (herpétides, syphilides...) dont le traitement surtout général doit porter sur l'hygiène, sur un régime médicamenteux visant l'infection (mercure, etc.). Les dermatoses peuvent être aussi d'origine externe et venir d'irritations locales ou de la présence de parasites. Les fluides gazeux agissant sur les éléments superficiels, muqueuses et peau, trouveraient leurs applications surtout dans les dermatoses idiopathiques c'est-à-dire d'origine externe ; cependant ces fluides gazeux pouvant pénétrer à l'intérieur même du corps, grâce aux échanges gazeux cellulaires, interviendraient utilement dans le traitement des dermatoses endogènes ; l'exemple serait facile à trouver en citant

les vapeurs de mercure qui, agissant comme facteur du traitement général, améliore rapidement les syphilides.

a) L'air chaud produit des effets salutaires sur des lésions cutanées telles que l'acné, le psoriasis, l'impétigo, le lupus érythémateux et le lupus vulgaire ; le Trébuchet remplacerait donc les souffleries qui sont nécessaires pour envoyer des jets d'air à des températures élevées, mais ici les appareils propulseurs électriques seraient sans doute plus avantageux. L'air froid trouverait aussi son application dans les dermatoses. Parmi les gaz, l'acide sulfhydrique très dilué serait employé, car à petite dose il a des effets siccatifs et aide à la reconstitution de l'épiderme, tandis qu'à fortes doses il provoque la « désintégration des formations cornées pathologiques ». Rappelons que l'acide sulfhydrique, toxique pour les organismes inférieurs, est aussi un poison pour l'homme. Les vapeurs d'iode, l'oxygène, l'acide sulfureux pourraient être préconisés comme antiseptiques cutanés. Parmi les vapeurs utilisables par le Trébuchet, on citerait les vapeurs d'ichtyol utiles contre l'acné, l'eczéma, la tuberculose cutanée et les vapeurs de thigénol recommandées contre le psoriasis, ainsi que les vapeurs d'éther intervenant utilement contre certains eczémas rebelles et le lupus tuberculeux. Comme agent oxydant on aurait l'ozone. Le phosphore d'hydrogène serait un bon réducteur.

b) Une autre série d'applications prendrait naissance par l'association de divers agents thérapeutiques

réagissant les uns sur les autres pour donner un nouvel élément utile au traitement. C'est ainsi que Icard de Marseille fait agir au point voulu de l'eau oxygénée sur l'iodure de potassium qui s'élimine par les muqueuses ; la réaction donne de l'iode à l'état naissant. Or, nombreuses sont les substances s'éliminant par les muqueuses ; citons l'acide sulfhydrique, l'alcool, l'essence de térébenthine, le terpinol, rejetés par les poumons. La peau supplée le rein en assurant l'élimination des iodures, bromures, arsenic, chlorate de potasse, venus par voie buccale. On aide cette élimination en enlevant les graisses des téguments et en provoquant la formation de sueurs devenues très chargées. Si à ce moment on assure l'arrivée de gaz actifs sur la peau, ceux-ci étant absorbés plus profondément que ne le ferait un liquide, on doit provoquer, dans l'intimité de la peau et non seulement à la surface, des réactions qui correspondent à une pénétration profonde de substances médicamenteuses. Ces réactions s'obtiendraient avec un grand nombre de gaz. Citons la réaction de l'ozone sur l'iodure de potassium mettant en liberté de la potasse et aussi de l'iode à l'état naissant ; avec les bromures on aurait du brome. La combinaison de l'alcool méthylique, de l'iodure de potassium, de l'ozone donne de la potasse et de l'iodoforme. Sur l'alcool méthylique, l'ozone fournit de l'aldéhyde formique, puis de l'acide formique.

c) Enfin l'application des gaz, des vapeurs, serait à tenter pour combattre certains cancers superficiels

de la peau et des muqueuses. Le cancer au début étant une affection toute locale, on conçoit, s'il est superficiel, qu'une atmosphère également locale, créée au niveau de la région cancéreuse puisse changer les conditions de nutrition et de développement des cellules qui vivent, respirent au voisinage de cette atmosphère spéciale (théorie de la désorientation cellulaire). Les fluides volatils peuvent avoir aussi une action intéressante sur les champignons, bactéries, causes du cancer (théorie microbienne). Wassermann et Hausmann ont conclu que « Sélénium et Tellure avaient une action élective pour le tissu cancéreux où la vitalité est plus grande, le besoin d'oxygène plus marqué, le pouvoir réducteur plus intense ».

On peut donc se demander quels résultats donnerait le traitement des néoplasmes superficiels par des vapeurs de composés de sélénium ou par des gaz réducteurs (hydrogène phosphoré). Enfin on aurait une action s'effectuant dans l'intimité des tissus cancéreux en ayant recours à des associations d'éléments gazeux ou non, réagissant les uns sur les autres. En généralisant ce procédé, on devrait imaginer d'une part des gaz et des vapeurs possédant une action élective sur les cellules cancéreuses ou sur les germes du cancer et d'autre part des éléments qui, se combinant aux premiers, donneraient des réactions intéressant la vitalité des cellules cancéreuses ou des germes malfaisants. Ces phénomènes d'élection existent avec l'acide arsénieux qui localise son

action sur la cellule cancéreuse moins résistante que les cellules saines qui l'entourent ; ces propriétés électives se retrouvent encore dans la coloration des microbes, où les couleurs basiques ont une électivité pour les noyaux alors que les couleurs acides sans élection colorent indifféremment tous les éléments. Comme dans la coloration des microbes, des mordants interviendraient qui répartiraient les affinités (vapeurs d'acide acétique, de créosote, d'iode, de brôme, d'ammoniaque). Au point de vue exécution matérielle, il serait facile d'assurer l'apport successif des éléments volatils thérapeutiques sur la surface malade recouverte d'une coupelle (transparente si l'on faisait intervenir des radiations spéciales). Au total, on disposerait d'un grand nombre de combinaisons fournies par les agents médicamenteux que la peau élimine et aussi par les fluides volatils allant à travers les téguments de l'extérieur vers l'intérieur. Ces actions auraient ceci de remarquable que, avec des solides et des liquides appliqués sur la peau, tout doit se passer comme dans les phénomènes de teinture où dominent les effets physico-chimiques d'attraction, d'adhérence, de miscibilité et aussi de combinaison, tandis que l'emploi des fluides volatils permettrait d'escompter davantage l'action physiologique d'assimilation, d'absorption par échanges gazeux cellulaires.

---

## CONCLUSIONS

---

A cause de sa faible puissance, le Trébuchet hydraulique ne sera pas indiqué dans les rares applications exigeant de grands volumes gaz sous de fortes pressions. Considéré comme transformateur des formes d'énergie, cet appareil trouvera quelque emploi dans la thérapie vibratoire, pour le refroidissement des anticathodes... etc.

Au point de vue formation des mélanges titrés anesthésiques, le Trébuchet qui est un compteur à gaz apportera une solution en permettant une installation simple mais peu transportable ; cet appareil ne conviendra pas aux usages courants et il sera utilisable seulement dans les services hospitaliers où les anesthésies sont nombreuses.

C'est surtout au point de vue emplois thérapeutiques des gaz et des vapeurs que le Trébuchet sera utile ; par sa continuité d'action, il permettra l'étude plus complète des phénomènes de respiration, d'échanges gazeux des tissus, mettant en jeu non les propriétés physiques des fluides volatils mais bien leurs aptitudes physiologiques. Les déplacements des gaz se feront par compression ou mieux par *aspiration*, ce dernier mode ayant l'avantage d'éviter les dangers de l'embolie gazeuse.

En thérapeutique, l'absorption de certains médi-

caments par la peau et les muqueuses pourra être tentée grâce à l'action soutenue du Trébuchet ; celui-ci trouvera une indication dans le traitement des sciaticques, des névralgies, par les vapeurs de gaïacol, de salicylate de méthyle.

En chirurgie, le pansement gazeux sera utilisable dans de nombreux cas surtout pour l'antisepsie des cavités, de l'utérus en particulier ; le Trébuchet *aspirateur* sera indiqué dans le traitement des métrites, de l'infection puerpérale, car tout en permettant une pénétration efficace et continue des vapeurs d'essence de térébenthine par exemple, il assurera l'écoulement des sécrétions sans apporter une contrainte sérieuse au bien-être du malade.

Enfin les maladies de la peau obtiendront un certain bénéfice de l'emploi du Trébuchet envoyant sur la région malade des vapeurs efficaces (tuméol, ichtyol) et rendant possibles de nombreuses associations médicamenteuses.

En résumé, il est probable que seuls des appareils semblables au Trébuchet pourront montrer tout le parti que l'on doit tirer de l'emploi en thérapeutique des gaz et des vapeurs.

Vu : le Président de la thèse :

DESGREZ

Vu : pour le Doyen  
l'Assesseur  
POUCHEZ

Vu et permis d'imprimer  
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris  
L. LIARD

---

Imp. de la Faculté de Médecine, 15, rue Racine, Paris — 3376-17

---

